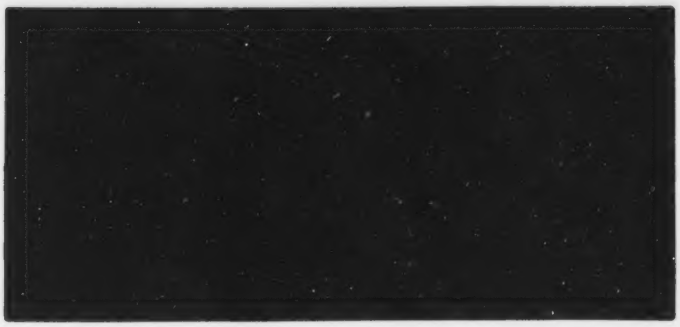
Industry Canada
Research Publications Program

Discussion Paper



Industry Canada Research Publications Program

The Industry Canada Research Publications Program provides a forum for the analysis of key micro-economic challenges in the Canadian economy and contributes to an informed public debate on these issues. Under the direction of the Micro-Economic Policy Analysis Branch, the Program's research paper series features peer-reviewed analytical working papers or policy-related discussion papers written by specialists on micro-economic issues of broad importance.

The views expressed in these papers do not necessarily reflect the views of Industry Canada or of the federal government.

101-00682/

IS CANADA MISSING THE "TECHNOLOGY BOAT"? EVIDENCE FROM PATENT DATA

Discussion Paper Number 9
January 2000

By Manuel Trajtenberg
Tel-Aviv University, National Bureau of Economic Research and Canadian Institute for Advanced Research

Aussi disponible en français

Canadian Cataloguing in Publication Data

Trajtenberg, Manuel

Is Canada Missing the "Technology Boat"? Evidence from Patent Data

(Discussion paper ; no. 9)
Text in English and French on inverted pages.
Title on added t.p.: Le Canada manque-t-il le « bateau technologique »?
Includes bibliographical references.
ISBN 0-662-64566-9
Cat. no. C21-25/9-1999

1. Patents – Canada.
2. Technological innovations – Canada.
3. Industrial productivity – Canada.
4. Intellectual property – Canada.
I. Canada. Industry Canada.
II. Title.
III. Title: Le Canada manque-t-il le « bateau technologique »?
IV. Series: Discussion paper (Canada. Industry Canada)

T339.T72 1999 608.771 C99-980436-7E

The list of titles available in the Research Publications Program and details on how to obtain copies can be found at the end of this document. Abstracts of research volumes and papers published in Industry Canada's various series, and the full text of our quarterly newsletter, *MICRO*, are available on *STRATEGIS*, the Department's online business information site, at http://strategis.ic.gc.ca.

Comments should be addressed to:

Someshwar Rao
Director
Strategic Investment Analysis
Micro-Economic Policy Analysis
Industry Canada
5th Floor, West Tower
235 Queen Street
Ottawa, Ontario
K1A 0H5

Tel.: (613) 941-8187
Fax: (613) 991-1261
E-mail: rao.someshwar@ic.gc.ca

Acknowledgements

Special thanks to Adi Raz, Avi Rubin and Guy Michaels for excellent research assistance.

TABLE OF CONTENTS

ABSTRACT i

1. INTRODUCTION 1

2. THE DATA 3

3. BASIC FACTS ABOUT CANADIAN PATENTING IN THE UNITED STATES 7

4. INTERNATIONAL COMPARISONS 11

5. THE TECHNOLOGICAL COMPOSITION OF CANADIAN PATENTED INNOVATIONS 17

6. WHO OWNS WHAT? A VIEW AT THE DISTRIBUTION OF CANADIAN PATENTS ASSIGNEES 23

7. THE RELATIVE "IMPORTANCE" OF CANADIAN PATENTS 27

8. CONCLUDING REMARKS AND POLICY IMPLICATIONS 31

NOTES 33

BIBLIOGRAPHY 35

APPENDIX 1 37

APPENDIX 2 39

APPENDIX 3 41

INDUSTRY CANADA RESEARCH PUBLICATIONS 43

ABSTRACT

Canada has been lagging in terms of productivity growth in recent years. A possible cause might be poor performance in R&D and technical change. This paper is an attempt to shed light on this issue, by examining innovation in Canada over the past 30 years with the aid of highly detailed patent data. For that purpose, the author uses all Canadian patents taken in the United States (over 45,000), as well as U.S. patents and patents from other countries for comparative purposes. Canadian patenting is highly correlated with lagged R&D, and with worldwide developments in technology as reflected in total U.S. patenting. Canada stands mid-way among the G7 countries in terms of patents per capita and patents/R&D, but in recent years it has been overtaken by a group of "high tech" countries: Finland, Israel and Taiwan, with South Korea closing-in fast. The technological composition of Canadian innovations is rather out of step with the rest of the world, with the share of traditional fields still very high in Canada, whereas the upcoming field of computers and communications has grown less in Canada than elsewhere. Given that the computers and communications group is the dominant "general purpose technology" of the present era, weakness in this area may impinge on the performance of the whole economy. Another source of weakness lies in the pattern of ownership of the intellectual property represented by patents: less than 50 percent of Canadian patents are owned by Canadian corporations, a much lower percentage than all other G7 countries. In terms of the relative "quality" of Canadian innovations, as measured by the number of citations received, it is significantly lower than the quality of patents awarded to U.S. inventors, particularly in computers (but not in communications), and in medical instrumentation (but not in drugs).

1. INTRODUCTION

Canada stands out as a highly advanced economy in terms of income per capita as well as various measures of quality of life. Yet, in recent years, it has stalled and even lost ground relative to other countries (particularly the United States) in terms of productivity and growth (see, for example, Trefler, 1999). This seemingly incongruent predicament has elicited a great deal of attention, and motivated research aimed at understanding the sources of the current "malady". One of the possible lines of inquiry in this respect is to investigate the performance of the Canadian economy in terms of R&D, innovation and technical change. After all, these are the key factors that have traditionally propelled productivity growth in the industrialized world.

This paper is an attempt to shed light on the innovative performance of Canada with the aid of highly detailed patent data, drawn from all patents granted in the United States to Canadian inventors, and to U.S. patents granted to other countries. I shall address questions such as: How does Canada fare vis-à-vis other countries in terms of patenting activity? What is the technological composition of its innovations? Who actually owns the intellectual property rights, and to what extent can the Canadian economy expect to benefit from the innovations of Canadian inventors? How do Canadian innovations compare to those of other countries in terms of their "importance" as reflected in patent citations? In addressing these questions we hope not only to shed light on the case of Canada, but also to demonstrate the power of this type of data for studying innovation in great detail and, in particular, for examining in a comparative fashion the innovative performance of countries and regions.

Why the focus on Canadian patents in the United States? Several reasons account for that. First, according to Rafiquzzaman and Whewell (1998), "Canada has one of the lowest propensities to file patents at home of any of the major industrialized countries, with only 6.6 percent of national patent applications originating from residents in 1992" (p. 5). Thus, a natural place to look for the outcomes of innovative activity in Canada is in the patenting abroad by Canadians. The lion share of patent applications abroad has traditionally gone to the United States (well over half for most of the period studied), due primarily to the high level of economic integration between Canada and the United States.[1] Second, even though Canadian patenting in other G7 countries has increased significantly over the years (see Rafiquzzaman and Whewell, Table 2), it is often the case that patents are sought first and foremost in the United States, where the standards for patentability are more stringent that in most European countries. Thus, one can hopefully learn a great deal about innovation in Canada by analyzing the Canadian patents granted in the United States. From the mid 1960s through 1997, Canada-based inventors received over 45,000 patents in the United States. This is a large (absolute) number, placing Canada as the 5th largest foreign recipient of U.S. patents.

Adam Jaffe and I have developed in recent years a methodological approach that allows the study of innovation in great detail with the aid of patent data, and not just by relying on patent counts.[2] In particular, building both on detailed information contained in patents and on patent citations, we are able to compute, for each individual patent, quantitative indicators of notions such as the "importance", "generality", and "originality" of patents (see Jaffe, Henderson and Trajtenberg, 1997). We can also trace the "spillovers" stemming from each patent, and analyze their geographical and temporal patterns (e.g. are spillovers geographically localized? See Jaffe, Henderson and Trajtenberg, 1993). Moreover, we have constructed a large data bank containing information on all U.S. patents granted from 1965 to 1996,[3] that allows us to compute this sort of measures for any subset of patents. This is a powerful capability that greatly enhances our ability to do empirical research in the area of the economics of technical change.

The paper is organized as follows. Beginning with a concise discussion of the data in Chapter 2, we then examine in Chapters 3 and 4 the main trends in Canadian patenting, both in itself and in comparison to two groups of countries, the other G7, and a "reference group of countries" consisting of Finland, Israel, South Korea and Taiwan. Chapter 5 deals with the technological composition of Canadian innovations, relative to that of other countries. In Chapter 6 we look at the distribution of Canadian assignees, thus addressing the issue of who controls the rights to the intellectual property embedded in these patents, and hence who can expect to benefit from it. Chapter 7 undertakes to examine the relative "importance" or "quality" of Canadian patents vis-à-vis patents granted to U.S. inventors, in terms of citations received. Finally, Chapter 8 summarizes the main points and attempts to draw policy implications.

2. THE DATA

A patent is a temporary monopoly awarded to inventors for the commercial use of a newly invented device. For a patent to be granted, the innovation must be non-trivial, meaning that it would not appear obvious to a skilled practitioner of the relevant technology, and it must be useful, meaning that it has potential commercial value. If a patent is granted, an extensive public document is created. The front page of a patent contains detailed information about the invention, the inventor, the assignee, and the technological antecedents of the invention, all of which can be accessed in computerized form (see Figures 1 and 2).

Figure 1

United States Patent **Allan, et al.**	**5,946,313** **August 31, 1999**

Mechanism for multiplexing ATM AAL5 virtual circuits over Ethernet

Abstract

The invention provides for a E-Mux and a method for encapsulating/segmenting ATM cells into/from an Ethernet frame at the boundary between an ATM and an Ethernet network. An Ethernet end-station on the E-Mux is addressed using multiple MAC level identifiers, which are dynamically assigned according to the ATM virtual circuits which terminate on that end-station, and have only transitory significance on the Ethernet. A unique ATM OUI identifies the frames carrying ATM traffic.

Inventors: **Allan; David Ian** (Ottawa, CA); **Casey; Liam M.** (Ottawa, CA); **Robert; Andre J.** (Woodlawn, CA).

Assignee: **Northern Telecom Limited** (Montreal, CA).

Appl. No.: **821,145**

Filed: **March 20, 1997**

Intl. Cl.: **H04Q 11/04**

Current U.S. Cl.: **370/397**; 370/401

Field of Search: **370**/397, 395, 398, 401, 471, 473, 474

References Cited | [Referenced by]

U.S. Patent Documents

5,457,681	October 1995	Gaddis et al.	**370**/56
5,490,140	February 1996	Abensour et al.	**370**/397
5,490,141	February 1996	Lai et al.	**370**/397
5,732,071	March 1998	Saito et al.	370/410

Figure 2

United States Patent **Ridyard, et al.**	**5,941,683** **August 24, 1999**

Gas turbine engine support structure

Abstract

A bearing support structure for a gas turbine engine comprises an annular array of stator vanes and a radially inner bearing support portion which are interconnected by an annular array of radially extending U-shaped cross-section parts. The U-shaped cross-section parts are interconnected at their radially outer extents and are arranged so that adjacent parts are open in generally opposite axial directions. Such a bearing support structure can carry service pipes with good accessibility and be produced by casting, thereby reducing its cost.

Inventors:	**Ridyard; Philip** (Mississauga, CA); **Foster; Alan G** (Derby, GB).
Assignee:	**Rolls-Royce plc** (London, GB).
Appl. No.:	**25,109**
Filed:	**February 17, 1998**
Intl. Cl.:	**F01D 25/16**
Current U.S. Cl.:	**415/142**; 415/209.2; 415/209.3; 415/209.4; 415/210.1; 416/244.A
Field of Search:	**415**/142, 209.2, 209.3, 209.4, 210.1; **416**/244 A, 245 R; **60**/226.1

References Cited | [Referenced by]

U.S. Patent Documents

4,979,872	December 1990	Myers et al.	**415**/142
4,987,736	January 1991	Ciokajlo et al.	**60**/39.31

These extremely detailed and rich data have, however, two important limitations: first, the range of *patentable* innovations constitutes just a sub-set of all research outcomes, and second, patenting is a *strategic* decision and hence not all *patentable* innovations are actually *patented*. As to the first limitation, consider an hypothetical distribution of research outcomes, ranging from the most applied on the left to the most basic on the right. Clearly, neither end of the continuum is patentable: Maxwell's equations could not be patented since they do not constitute a device (ideas cannot be patented). On the other hand, a marginally better mousetrap is not patentable either, because the innovation has to be non-trivial. Thus, our measures would not capture purely scientific advances devoid of immediate applicability, as well as run-of-the-mill technological improvements that are too trite to pass for discrete, codifiable innovations.

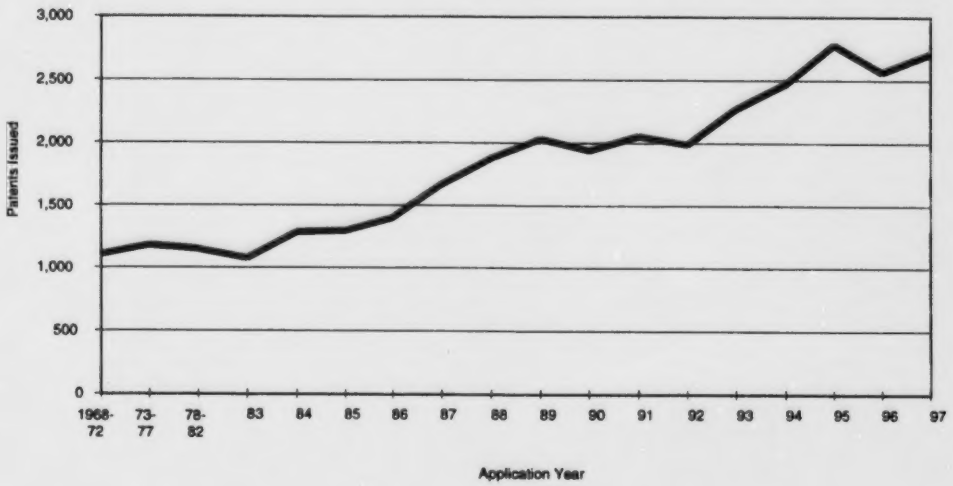
The second limitation is rooted in the fact that it may be optimal for inventors *not* to apply for patents even though their innovations would satisfy the criteria for patentability. For example, until 1980 universities in the United States could not collect royalties for the use of patents derived from federally funded research. This limitation greatly reduced the incentive to patent results from such research, which constitutes about 90 percent of all university research in the United States. Firms, on the other hand, may elect not to patent and rely instead on secrecy to protect their property rights.[4] Thus, patentability requirements and incentives to refrain from patenting limit the scope of analysis based on patent data. It is widely believed that these limitations are not too severe, but that remains an open empirical issue.

Our working hypothesis here is that, whereas these limitations may affect ***level*** comparisons across categories/industries and perhaps across countries ***at a point in time***, they do not affect the analysis of trends and changes over time. In other words, if we observe a surge in the *share* of U.S. patents in the category Computers and Communications and a concomitant decline in the share of U.S. patents in the category Chemical, it is hard to believe that such movements are due to underlying changes in the relative propensity to patent in these two sectors. Rather, the assumption is that these trends reflect true changes in the amount of innovation done in those categories.

3. BASIC FACTS ABOUT CANADIAN PATENTING IN THE UNITED STATES

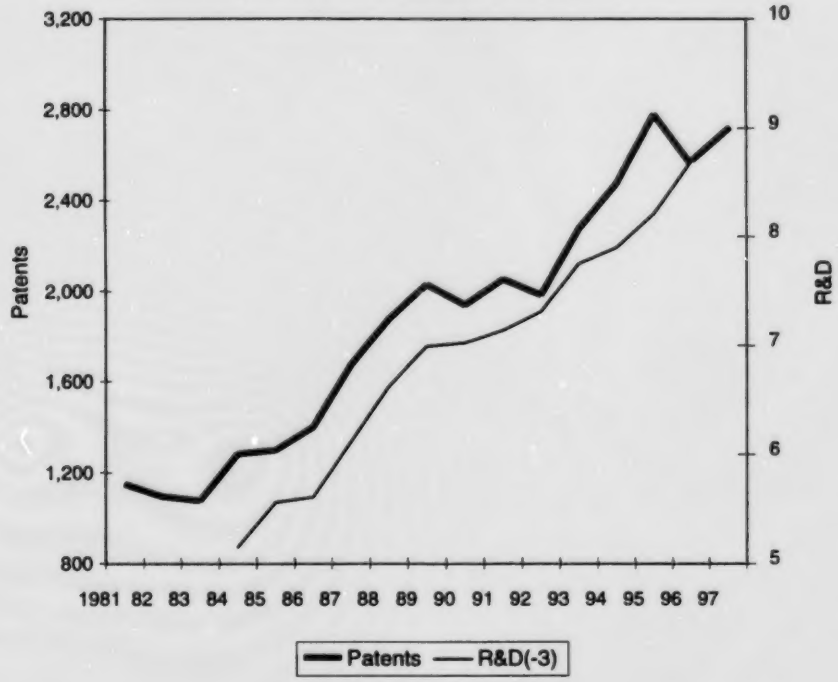
Figure 3 shows the number of successful Canadian patent applications in the United States over time, starting in 1968. Patenting was essentially flat for the first 15 years and then started to increase, but not in a smooth way: the number of patents grew fast during the 1986–89 period, and then again in 1992–95, with a period of stagnation in between. We have to be careful with the timing though: patent applications reflect (successful) R&D conducted ***prior*** to the filing date, with lags varying greatly by sector. Thus, the number of patents in a particular year should be attributed to investments in R&D carried out in the previous 2-3 years at least, and in some sectors (such as pharmaceuticals) further back (see Figure 4).

Figure 3
Canadian Patents in the United States, 1968-97



What accounts for the observed path of Canadian patenting over time? I shall not attempt to conduct here an in-depth analysis of such trajectory (that is beyond the scope of the present study), but rather I will content myself with examining the most salient factors. Let us first of all consider the input side, namely R&D: the more resources a country devotes to research and other forms of inventive activity, the more we would expect to see innovative outputs, and certainly patents among them. I shall use for these purposes *real, non-defense* R&D spending, as reported by the National Science Foundation (NSF, 1998).[5] Second, there are fluctuations in world-wide patenting quite likely reflecting changes in technological opportunities (and perhaps also in patenting practices), that may influence patenting by Canadian inventors. Moreover, given the proximity to the United States, Canadian patenting patterns may be particularly sensitive to patenting by U.S. inventors (they account for about one half of all U.S. patents). In order to ascertain the importance of these factors, I run simple regressions of the yearly number of Canadian patents as the dependent variable, with lagged R&D and patents by U.S. inventors as regressors, all in logs.[6]

Figure 4
Canadian Patents and Civilian R&D Expenditures, in billions of 1992 dollars (3-year lag)



	Dep. Var: log (Canadian patents), 1981–97				
Regressors *(in logs)*	**(1)**	**(2)***	**(3)**	**(4)***	**(5) 1981–95****
Constant	4.36	–3.51	0.88	–0.36	1.94
	(27.8)	(–1.49)	(0.44)	(–0.18)	(2.15)
R&D lagged	1.62		1.02	0.67	1.32
2 years	(20.3)		(2.92)	(1.8)	(3.3)
Patents to U.S.		1.02	0.43	0.61	0.28
inventors		(4.74)	(1.75)	(2.43)	(1.04)
AR(1)		0.64		0.16	
		(2.37)		(0.56)	
Obs	15	16	15	14	13
R^2	0.969	0.966	0.976	0.975	0.976
DW	1.88	2.34	1.61	2.08	1.98

t–statistics in parenthesis
* Corrected for serial correlation.
** The patent figures for 1996 and 1997 are preliminary estimates, hence this run.

As we can see, the pair-wise correlations between Canadian patents and *each* of the regressors are very high. When put together in the regression, lagged R&D prevails in some of the runs, but the data are too sparse and too collinear to allow us to reach definite conclusions. On the one hand, the behavior over time of Canadian patent applications resembles that of patenting by U.S. inventors, apparently responding to global economic and technological forces. On the other hand, Canadian patents follow very closely the amount of resources devoted in Canada to civilian R&D. Of course, it could be that expenditures on R&D in Canada respond to the same underlying global forces that drive total patenting (e.g. technological opportunities), and hence a more elaborate model would treat R&D as endogenous. Regardless of the "race" between regressors, the fact is that innovative output in Canada, as reflected in the number of patent applications filed in the United States, seems to be highly responsive to civilian R&D performed 2-3 years earlier. Thus, fluctuations in the level of R&D resources invested do manifest themselves after a while in the number of patented innovations produced.

Beyond the statistical analysis, a closer look at the series, and in particular at the *growth rates* of patents and of R&D, reveals a number of discrete periods along the time trajectory, which seem to follow a 3-year cyclical pattern:

Period	Growth rate of patents	Growth rate of R&D (3-year lag)
1968–83	~ 0%	n.a.
1983–86	9.2%	4.4%*
1986–89	13.2%	7.6%
1989–92	–0.7%	1.5%
1992–95	6.4%	4.2%

* Computed for 1981–83 only.

The correspondence between the two series is quite striking (recall Figure 4), and raises questions about the "political cycle" that may have induced the observed fluctuations in R&D spending.

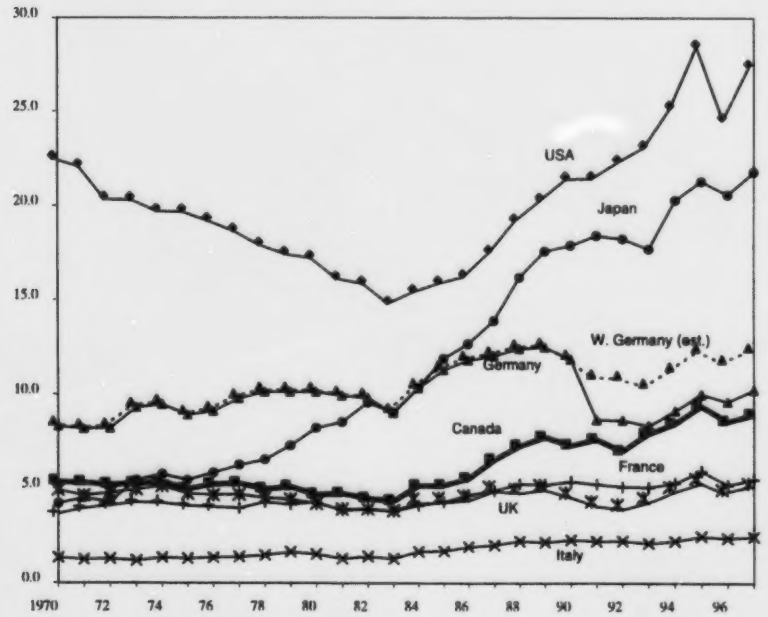
4. INTERNATIONAL COMPARISONS

Whereas the detailed analysis of Canadian patenting is revealing in itself, we resort to international comparisons in order to put in perspective the overall level and trend over time in Canadian patenting. We have chosen for that purpose two groups of countries:

1. ***The (other) G7***: France, Germany, Italy, Japan, the United Kingdom and the United States.
2. A ***"Reference Group"***: Finland, Israel, South Korea and Taiwan.

The Reference Group consists of countries that have fast-growing high-technology sectors, which have become pivotal for their economic performance and in particular for growth. Thus, they provide a benchmark in terms of patenting in economies that are geared towards innovation as they try to catch up with the richer G7-type countries.

Figure 5
Patents per Capita: Canada vs. the G7
(Patents per 100,000)



Appendix 1 contains detailed patent figures for each country, Figures 5–6 show the time patterns of patents per capita for Canada versus each of the above groups of countries,[7] while Figure 7 does the same in terms of patents/R&D, for the G7 only.[8] As these figures reveal, Canada holds a respectable mid-place vis-à-vis the G7, both in terms of patents per capita and in terms of patents per R&D dollars: it lies well below the United States and Japan, nearly on par with Germany (higher in terms of patents/R&D), and above France, the United Kingdom and Italy. In the early seventies Canada was even ahead of Japan, but then Japan took off and is now closing in on the United States. Notice that 1983 proved to be a turning point for ***all*** of the largest countries (United States, Japan, Germany, and to a lesser extent Canada); this is an interesting fact in itself that remains to be explained.

Figure 6
Patents per Capita: Canada vs. the Reference Group
(Patents per 100,000)

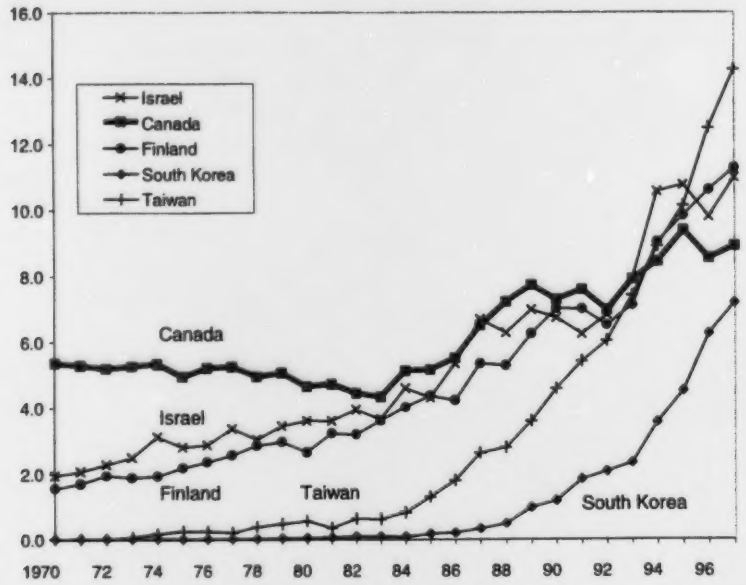
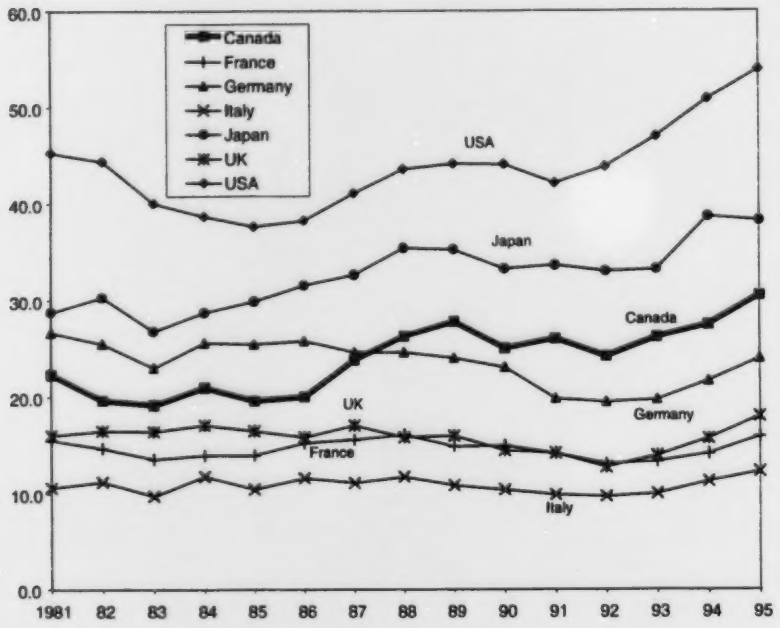


Figure 7
Patents / Non-Defense R&D in the G7
(Patents per 100M$ R&D)



The comparison with the Reference Group shows a very clear picture: Canada was well ahead of the four countries in the group throughout the seventies, but during the eighties Israel and Finland caught up, surpassing Canada by the mid nineties. Taiwan experienced a meteoric rise since the early eighties, bursting ahead of the pack by 1997. South Korea is also climbing up extremely fast, and will probably surpass Canada by 2000. It is thus clear that the countries in the Reference Group are experiencing much faster rates of innovation than Canada, reflecting for the most part conscious policies of encouragement of industrial R&D and of the high-technology sector.

Table 1 summarizes the main statistics for these countries, including their "success rates" and growth rates in patenting, over the entire period (1968–97) and for the past five years. The picture that emerges is mixed: on the one hand, Canada experienced healthy growth rates in patenting, as compared to the other G7 countries; for the past 30 years it was second only to Japan, and for the past five years it has the highest growth rate among the G7. On the other hand, it still stands mid-way in terms of patents per capita (compared again to the other G7), and second to last in the absolute number of patents. In order to improve its standing in those terms Canadian patenting would have to grow significantly faster than at present. The reference group offers a good perspective in that respect: notice that their growth rates in the past five years have been 2 to 5 times faster than Canada's.

Table 1
Canada, the G7 and the Reference Group:
Basic Patent Statistics, 1967–97

Country	Patents per Year		Patents per Capita*		Success Rate		Annual Growth Rate	
	1967–97	*1992–97*	1967–97	*1992–97*	1967–97	*1992–97*	1967–97	*1992–97*
Canada	1,552	*2,560*	6.2	*8.6*	56%	*55%*	3.6%	*6.4%*
Other G7								
France	2,466	*3,138*	4.6	*5.4*	66%	*63%*	2.2%	*1.9%*
Germany	6,422	*7,732*	9.9	*9.5*	65%	*63%*	2.6%	*3.8%*
Italy	959	*1,323*	1.7	*2.3*	59%	*58%*	3.2%	*1.9%*
Japan	13,515	*25,474*	11.8	*20.3*	65%	*61%*	8.6%	*3.8%*
United Kingdom	2,603	*2,814*	4.5	*4.8*	55%	*51%*	0.2%	*5.4%*
United States	47,153	*67,478*	19.8	*25.6*	62%	*59%*	1.7%	*5.2%*
The Reference Group								
Finland	223	*490*	4.7	*9.6*	57%	*58%*	9.1%	*12.0%*
Israel	232	*564*	5.2	*10.0*	54%	*56%*	10.0%	*12.9%*
South Korea	472	*2,159*	1.1	*4.8*	61%	*62%*	34.3%**	*29.5%*
Taiwan	602	*2,291*	3.1	*10.7*	44%	*47%*	24.9%**	*19.7%*

* Number of patents per 100,000 of population.
** For South Korea and Taiwan the average growth rates are for the last 20 years.

Table 1 shows also that Canada has a relative weakness in terms of its "success rate", that is the proportion of patent applications resulting in patent grants: it stands second to last vis-à-vis the other G7 countries (only the United Kingdom has a worse record), and below 3 of the 4 countries in the Reference Group (only Taiwan is lower) for the period 1992–97. To understand the implications of these differences, if Canada were able to reach the average of the G7 countries ahead of it (61 percent) from the present 55 percent, that would represent an increase of about 11 percent in the annual number of patents granted. This would be like an increase in the productivity of the R&D process, rather than an increase in the overall level of resources devoted to inventive activity.

It is important to note that in the present context the *absolute* number of patents remains key (similarly to the absolute level of R&D expenditures, rather than its ratio to GDP). In order to establish a viable, self-sustaining high-technology sector, a country has to achieve a critical mass in terms of pertinent infrastructure, skills development, managerial experience, testing facilities, marketing and communication channels, financial institutions, etc. Similarly, it is clear by now that spillovers, and in particular ***regional*** spillovers, are extremely important in fueling the growth of this sector. Once again, the amount of spillovers generated, and the ability to capture external spillovers is a function of ***absolute***, not relative size. If we take the number of patents as indicative of the absolute size of the innovative sector, Canada still has a long way to go, considering that it stands below all of the other G7 countries except Italy, and that by 1997 Taiwan and South Korea have already moved ahead of Canada (see Appendix 1).

Figure 8a
Civilian R&D as a percentage of GDP
In OECD Countries, 1996

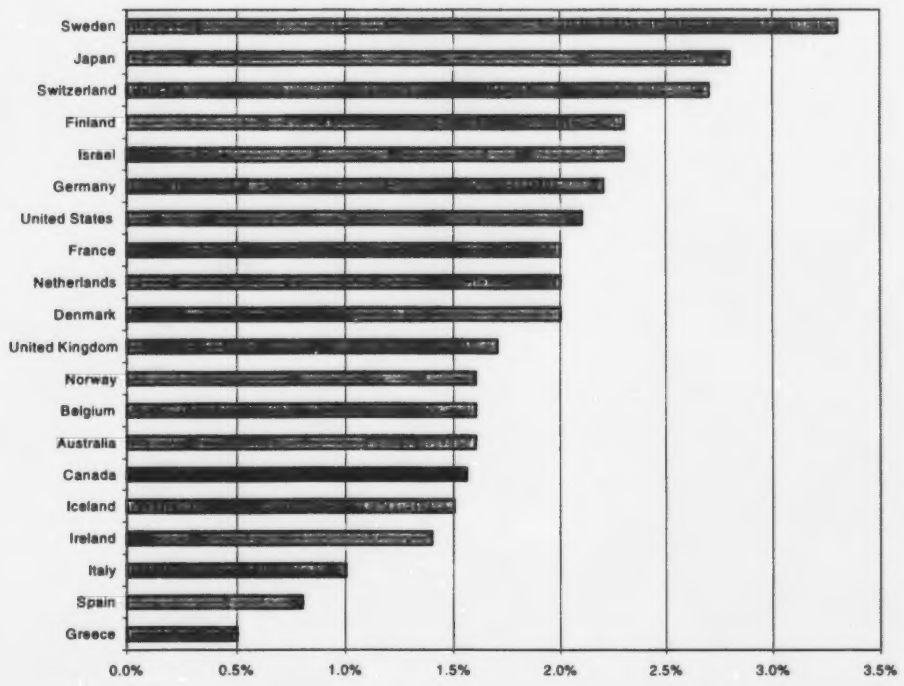
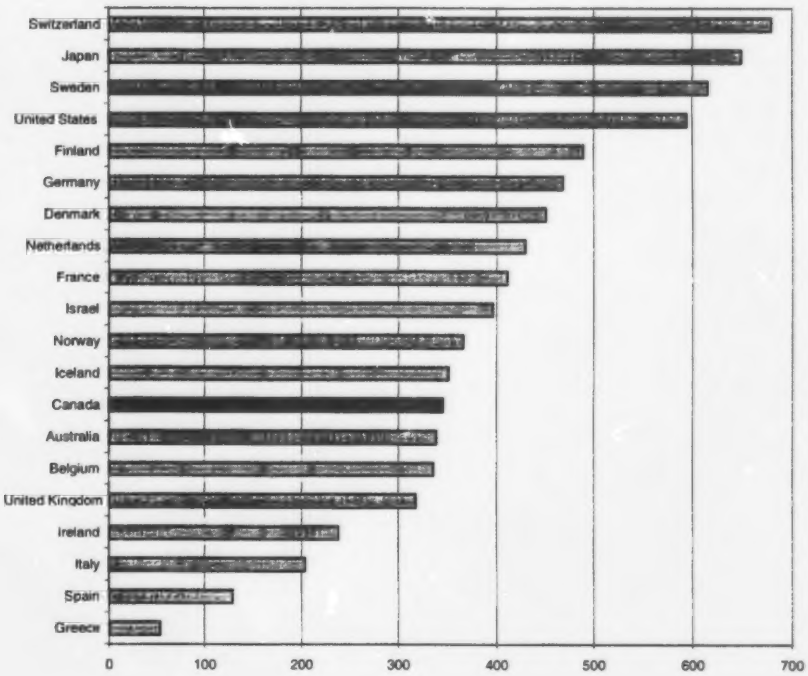


Figure 8b
Civilian R&D Per Capita in OECD Countries, 1996 dollars (PPP)



Recall from the discussion in Chapter 3 that there is a tight relationship between R&D spending in Canada and patenting. Comparing Canada to OECD countries in terms of R&D/GDP ratios, and in terms of R&D per capita (Figures 8a and 8b), we can see that Canada devotes a relatively modest level of resources to R&D.[9] Thus, it is quite clear that the somewhat precarious standing of Canada in terms of innovative output reflects to a large extent its weak commitment to R&D. Moreover, the implication of a ***low*** R&D/GDP ratio is even more problematic for Canada, considering once again that in this area the ***absolute*** amount of resources is what counts, and that Canada's economy is much smaller than that of the leading G7 countries. In 1997, Canada's GNP was 38 percent that of France, 25 percent that of Germany, 12 percent that of Japan, and 8 percent that of the United States. These (much larger) countries devoted 2.0–2.8 percent of GDP to civilian R&D, as opposed to 1.5 percent for Canada.

5. THE TECHNOLOGICAL COMPOSITION OF CANADIAN PATENTED INNOVATIONS

The U.S. Patent and Trademark Office has developed over the years a very elaborate classification system by which it assigns patents to technological categories. It consists of over 400 main patent classes, and over 150,000 patent sub-classes. The main patent classes have been traditionally aggregated into four categories: chemical, mechanical, electrical and other. We have developed recently a new classification scheme, by which we assigned these 400 patent classes into 35 technological "sub-categories", and these in turn are aggregated into 6 categories: Computers and Communications, Electrical and Electronic, Drugs and Medical, Chemical, Mechanical and Others. This classification allows one to study in detail the technological composition of the flow of patented innovations. In particular, one can compare the technological portfolio of any country with world-wide trends, which is what we intend to do here with respect to Canada.

Figure 9 shows the distribution of patents over time by these six technological categories for all U.S. patents, while Figure 10 does the same for patents granted to Canadian inventors (Appendix 2 shows these distributions for patents granted to U.S. inventors, and to non-U.S. inventors). Figure 9 is supposed to reflect the main trends in worldwide, cutting-edge technology. The pattern is quite clear: for the first decade or so (i.e. 1967–78) there is little change — just a slow decline in Mechanical patents,[10] and a concomitant small increase in the share of Drugs and Medical. The three traditional fields (Mechanical, Chemical and Others) stand highest throughout this initial period, with shares of about 25 percent each. Both Drugs and Medical, and Computers and Communications accounted for a very small fraction back then: 3 to 6 percent each.

Figure 9
Distribution of Patents by Technology Categories, All U.S. Patents

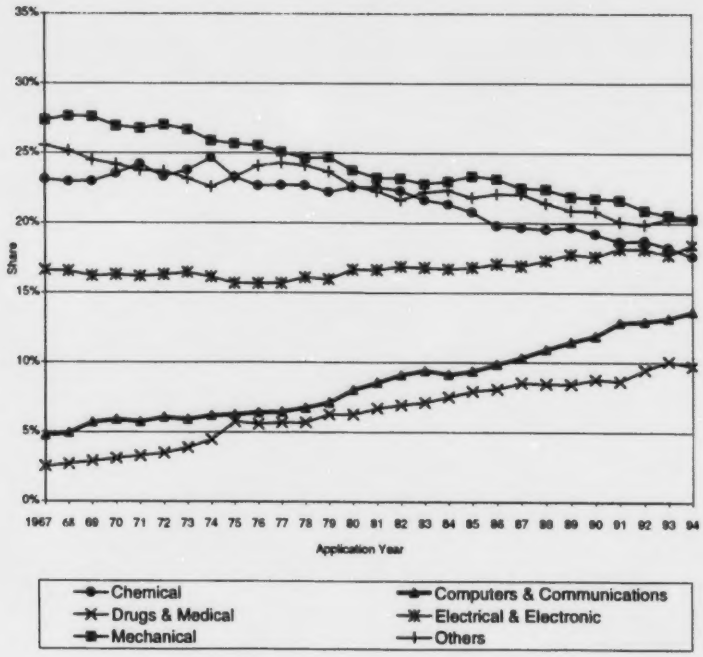
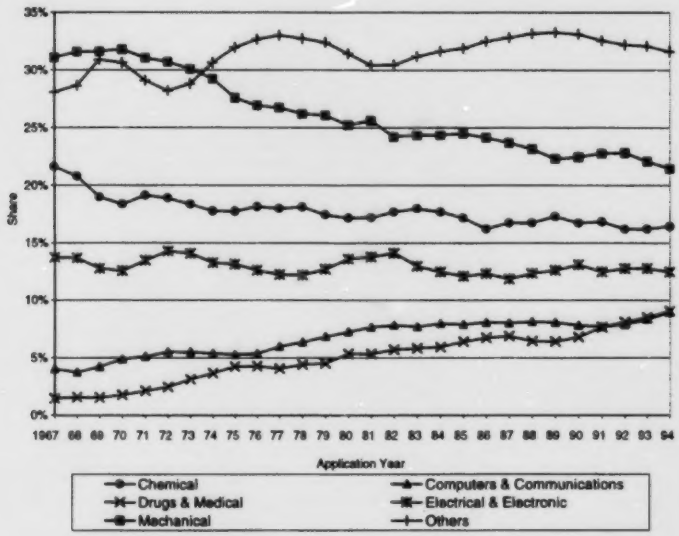


Figure 10
Distribution of Patents by Technological Categories, Canadian Inventors

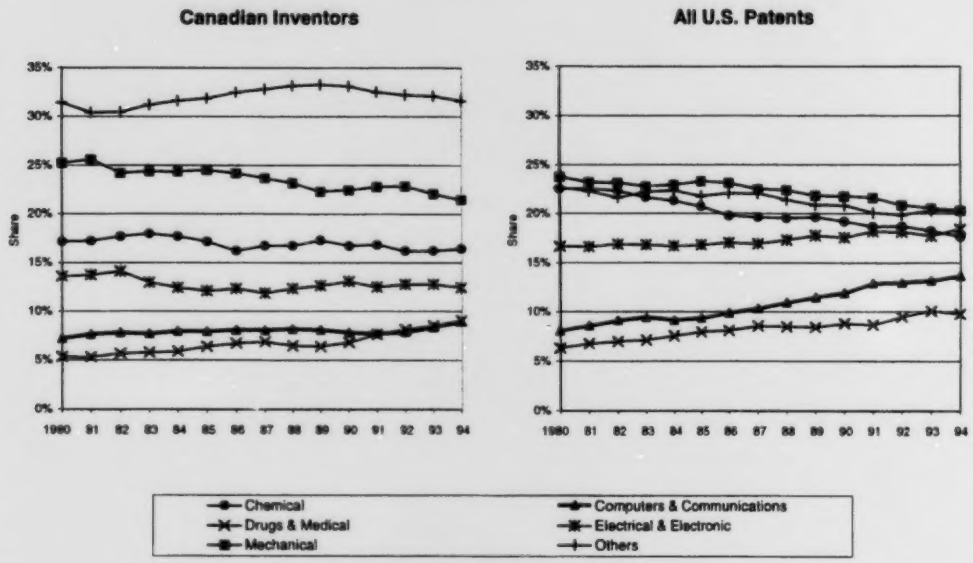


Starting in 1979 this mostly static picture changes quite dramatically: all three traditional fields lose ground, whereas Computers and Communications (C&C) category urges forward doubling its share (from 7 percent in 1979 to 14 percent in 1994), and Drugs and Medical also increases rapidly from 6 to 10 percent (12 percent in the United States). As to Electrical and Electronic, it increases slightly during this period, from 16 to 18 percent. It is important to remark that these changes in shares are all the more significant in view of the fact that there has been an equally dramatic increase in the ***number*** of patents issued (starting in about 1983). For example, the actual number of patents in C&C experienced a ***threefold*** increase worldwide during 1979–94, whereas the total number of patents increased by just 54 percent.

It is clear that these figures faithfully capture the crucial technological development of the last two decades, namely, the advent of Computers and Communications as the dominant "General Purpose Technology" (GPT) of our era.[11] As to Drugs and Medical, it would seem that its rise is demand driven, following the continuous increase in the share of GDP devoted to healthcare in industrialized nations, and in the United States in particular. Moreover, current developments in Biotechnology may well turn this field into one of the dominant general purpose technologies of the next century. General purpose technologies play the role of "engines of growth", and thus their importance goes far beyond their weight as a sector. As the general purpose technology improves and spreads throughout the economy, it prompts complementary advances in user sectors, bringing about generalized productivity gains. A thriving, innovative general purpose technology sector (in this case C&C) is thus a crucial factor dictating the growth potential of advanced economies.

Figure 11 compares the technological composition of all U.S. patents with that of Canadian inventors for the period 1980–94. The picture that emerges is quite disturbing: essentially Canada seems to be "missing the boat" in terms of the prevailing general purpose technology, Computers and Communications, continuing instead to innovate in traditional fields. Thus, the share of C&C patents in Canada barely changed during this period (from 7 to 9 percent), as opposed to a ***doubling*** of the

Figure 11
Distribution of Patents by Technological Categories, 1980-94



C&C share for all patents (from the same initial base of 7 percent to 14 percent). It is also worrisome that the share of Electrical and Electronic (E&E), which stood at 18 percent for all patents in 1994, was only 12 percent for Canadian patents. This category embeds both mature E&E fields, but also newer semiconductor technologies, which are important in themselves and also support the C&C sector. Taken together, C&C and E&E accounted for a third of all patents by 1994, whereas in Canada they made just 21 percent.

The flip side of Canada's disadvantage in C&C and in E&E is the high shares of two of the three traditional patent categories: Others, which accounts for almost one third of all Canadian patents (versus 20 percent worldwide), and to a lesser extent Mechanical (the third field, Chemical, is actually lower in Canada that in the rest of the world). In order to look into this matter in more detail, Table 2 shows the top 20 technological sub-categories for Canadian patents granted during 1991–96, and compares their ranking with that of the patents granted to U.S. inventors during the same period.[12] The most glaring differences are as follows. Canadian inventors patent relatively ***much more*** (once again, in terms of ranking) than U.S. inventors in the following fields:

- Transportation *(rank 3 in Canada, 8 in the United States)*
- Furniture and House Fixtures *(rank 4 in Canada, 14 in the United States)*
- Agriculture, Husbandry and Food *(rank 5 in Canada, 15 in the United States)*
- Earth Working and Wells *(rank 9 in Canada, 18 in the United States)*

Canadians patent ***much less*** than their U.S. counterparts in:

- Computer Hardware and Software *(rank 2 in the United States, 15 in Canada)*
- Surgery and Medical Instrumentation *(rank 3 in the United States, 13 in Canada)*
- Resins *(rank 6 in the United States, 16 in Canada)*
- Power Systems *(rank 7 in the United States, 14 in Canada)*

Thus, the differences in the share of Computers and Communications are due not to Communications (in that sub-category Canadian patents rank almost as high as U.S. patents), but to Computer Hardware and Software, where the disparity is very large.[13] Likewise, the (much smaller) difference in Drugs and Medical is due to Medical Instrumentation, not to Drugs.[14]

Table 2
Top Technological Sub-Categories*
Canada vs. United States, 1987–96

Technological Sub-Category	Number of Canadian Patents	Canada Rank	U.S. Rank
Mat. Processing & Handling	1,303	1	4
Communications	1,090	2	1
Transportation	796	***3***	8
Furniture & House Fixtures	745	***4***	14
Agriculture, Husbandry & Food	719	***5***	15
Drugs	596	6	5
Metal Working	566	7	11
Measuring & Testing	548	8	9
Earth Working & Wells	528	***9***	18
Receptacles	525	10	12
Motors & Engines + Parts	498	11	13
Electrical Devices	483	12	10
Surgery & Medical Instrumentation	470	13	***3***
Power Systems	466	14	***7***
Computer Hardware & Software	405	15	***2***
Resins	383	16	***6***
Liquid Purification or Separation	337	17	26
Amusement Devices	336	18	21
Heating	328	19	27
Apparel & Textile	307	20	25

* Excluding Miscellaneous in each Technological Category.

Why is the divergence in the technological composition of Canadian patents an issue?

One could argue that the technological composition of Canadian patents reflects a series of well-grounded economic factors, and hence that its divergence vis-à-vis other countries does not necessarily carry normative implications. That may well be the case, and indeed the top technological sub-categories seem

to correlate to some extent with some notion of comparative advantage, relative size of sectors, idiosyncratic technological needs, etc.

The problem is that Computers and Communications (or, more generally, Information Technology, IT), the area where Canadian patents are lagging the most in relative terms, is not just a field like any other, but as said before it is the dominant general purpose technology (GPT) of our times. Of course, not every country needs to excel technologically in the prevalent GPT in order to benefit from it. Information technologies are spreading rapidly and becoming a powerful economic force all over the industrialized world (and to a lesser degree also in less developed countries), and not just in countries that are innovators in that field. However, in order for an economy to be able to reap the benefits and tap the full potential of a GPT for growth, it *does* need to innovate in it — not so much because the innovations per se are going to impact growth, but because by innovating in the GPT area, a country ***develops and enhances its capabilities to harness the GPT for growth***.

The argument here echoes the notion of "absorptive capacity" in the context of basic research (see Cohen and Levinthal, 1989). This notion was raised *inter alia* as a response to the puzzle: Why do for-profit firms engage in basic research, given that they cannot appropriate most of the returns from such research? The answer is that in order for those firms to be able to benefit from the basic research done elsewhere (e.g. in academia), they need to engage in such activity themselves. Thus, the scientists working at Xerox's PARC serve *inter alia* as a bridge between worldwide advances in science, and the particular technological needs (or opportunities) at Xerox. The world of IT moves too fast for an economy to be able to adopt a passive stance and still benefit from it. Only those that are in the race themselves can hope to cope with the speed of advances of the leading runners.

It is important to emphasize that the problem lies as said with ***Computer Hardware and Software***, not with ***Communications***. As we shall see in Chapter 7, this view is reinforced when examining the "quality" of Canadian patents relative to U.S. patents: in Computers there is a big gap in the quality of Canadian patents in favor of U.S. patents, while in Communications the gap is much smaller (see Figure 13).

6. WHO OWNS WHAT? A VIEW AT THE DISTRIBUTION OF CANADIAN PATENTS ASSIGNEES

By way of introduction, we need to describe the different "players" related to any given patent. First there are the inventors, that is, those individuals directly responsible for carrying out the innovation embedded in the patent. Second there is the assignee, that is, the legal entity (corporation, government agency, university, etc.) that owns the patent rights, assigned to it by the inventor(s). However, there are individual inventors that work on their own and have not yet assigned the rights of the patent to a legal entity at the time of issue, in which case the patent is classified as "unassigned".[15] For most patents the inventors are typically employees of a firm, in which case the assignee is the firm itself.

According to the conventions of the U.S. Patent and Trademark Office, the "nationality" of a patent is determined by the address (at the time of application) of the ***first inventor***. That is, if a patent has many inventors and they are located in a variety of countries, the location of the first inventor listed on the patent determines to which country it is deemed to belong. Likewise, if the assignee is located in a country different from that of the first inventor, it is once again the location of the latter that determines the nationality of the patent. Notice for example that the patent displayed in Figure 2 is regarded as Canadian even though there is a second inventor that is not, and the assignee is Rolls Royce, GB.[16]

The data that we have presented so far (e.g. number of patents by countries) were compiled according to this convention: Canadian patents are those for which the address of the first inventor was in Canada, regardless of the identity and location of the assignees or of the other inventors, and similarly for the other countries. The important question now is, who actually owns the rights to these inventions? Keeping in mind that for patents labeled "Canadian" it was indeed Canadian scientists and engineers that were responsible for the "innovative act" that led to these patents,[17,18] the question is: which entity, commercial or otherwise, is in a position to reap the economic benefits from these inventions?

At the upper level of aggregation there are three possibilities: (i) That there is no assignee (i.e. the inventor herself retains the rights to the patent), and hence it is not clear if and when the patent will be commercially exploited; (ii) that the assignee is also Canadian, that is, that the location of the entity owning the rights to the patent is in Canada; (iii) that the assignee is foreign. Even the seemingly sharp distinction between (ii) and (iii) is not quite as clear. There are on the one hand Canadian corporations that have established subsidiaries or otherwise related firms in other countries, and they may choose to assign the patents (done is Canada) to their "foreign" subsidiaries (but in fact we should regard them as Canadian). On the other hand, there are multinational corporations that have established subsidiaries in Canada, and some may choose to assign the locally produced patents to the Canadian subsidiary, even though the multinational retains effective control over the property rights.

The distinction between these three categories, unassigned, Canadian ("local") and foreign, is then telling of the extent to which the country can expect to benefit from "its" patents. The unassigned patents may of course find their way to successful commercial applications (and many do), but they typically face much higher uncertainty than corporate assignees that own from the start the patents issued to their employees. Moreover, corporations are in a better position to capture internally the spillovers generated by those innovations. Thus, the higher the percentage of unassigned patents, the lower the economic potential of a given stock of patents. The distinction between foreign and local assignees is presumably informative of the probability that the *local economy* would be the prime beneficiary of the new knowledge embedded in the patent. One can draw various scenarios whereby foreign ownership may be as good if not better in that respect than local ownership of the patent rights (e.g. the foreign

multinational offers marketing channels for the innovation that would be inaccessible to local firms). Still, we are rapidly moving in many technological areas to an era where the prime asset is the effective control of intellectual property, and presumably that is correlated with the ownership of patent rights. However, we do not need to take a strong stand in this respect, only to agree that this distinction is informative and quite likely important for understanding the potential value for a country of its stock of patents.

Table 3 shows the distribution between unassigned, "local" and foreign assignees, for Canada, the G7 and the Reference Group.[19] As we can see, the percentage of local assignees in Canada is much lower than in all other G7 countries, due primarily to a high proportion of unassigned patents. As to the Reference Group, Finland and South Korea have much higher shares of local assignees than Canada, Israel a slightly higher share, and Taiwan a lower one. Taiwan has indeed a very low percentage of local assignees (due to an extremely high proportion of unassigned — 64 percent!), whereas South Korea has an extremely high share of local assignees (topped only by Japan). These differences are clearly related to the industrial organization of these countries: Taiwan has a very large number of small enterprises, and an extremely high rate of firms turnover, whereas South Korea is dominated by huge, stable *chaebol* (this is a topic worth further investigation). The contrast between the latest figures (for 1998) and those for the period 1976–98 reveal that the G7 countries are quite stable, whereas the share of local assignees increased in the Reference Group countries, particularly in Taiwan and South Korea.

Table 3
Distribution of Patents by Assignee Categories, International Comparison, 1976–98

	Number of Patents				Percentages		
Country	**Unassigned**	**Foreign**	**Local**	**Total**	**Unassigned**	**Foreign**	**Local***
Canada	15,756	8,614	21,175	45,545	**35%**	**19%**	**46%** ***(50%)***
Other G7							
France	6,567	8,883	49,500	64,950	10%	14%	76% *(75%)*
Germany	13,147	17,060	117,660	147,867	9%	12%	80% *(77%)*
Italy	3,957	3,904	19,293	27,154	15%	14%	71% *(72%)*
Japan	9,003	6,950	341,854	357,807	3%	2%	96% *(95%)*
United Kingdom	5,812	15,698	37,693	59,203	10%	27%	64% *n.a.*
United States	296,191	19,546	887,308	1,203,045	25%	2%	74% *(76%)*
Reference Group							
Israel	1,815	1,807	3,443	7,065	26%	26%	49% *(52%)*
Finland	834	422	4,739	5,995	14%	7%	79% *(81%)*
South Korea	1,154	531	10,666	12,351	9%	4%	86% *(92%)*
Taiwan	13,296	991	6,362	20,649	64%	5%	31% *(44%)*

* Numbers in parenthesis: percentages for 1998.

What characterizes Canada vis-à-vis other countries is that ***both*** the shares of unassigned and of foreign are relatively high: the percentage of unassigned patents in Canada is the second highest (after Taiwan), and the percentage of foreign is the third highest (after the United Kingdom and Israel). Thus, there is reason for concern in this respect, in that a full half of Canadian inventions may not fully benefit the Canadian economy, either because they are done by individuals that may have a hard time commercializing them, or because they are owned by foreign assignees.

7. THE RELATIVE "IMPORTANCE" OF CANADIAN PATENTS

Simple patent counts are a very imperfect measure of innovative activity, simply because patents vary a great deal in their technological and economic "importance" or "value", and because the distribution of such values is extremely skewed. Recent research has shown that patent citations can effectively play the role of proxies for the "importance" of patents, as well as providing a way of tracing spillovers (see Trajtenberg, 1990; and Jaffe, Henderson, and Trajtenberg, 1998). By citations I mean the references to previous patents that appear on the front page of each patent (see Figures 1 and 2).

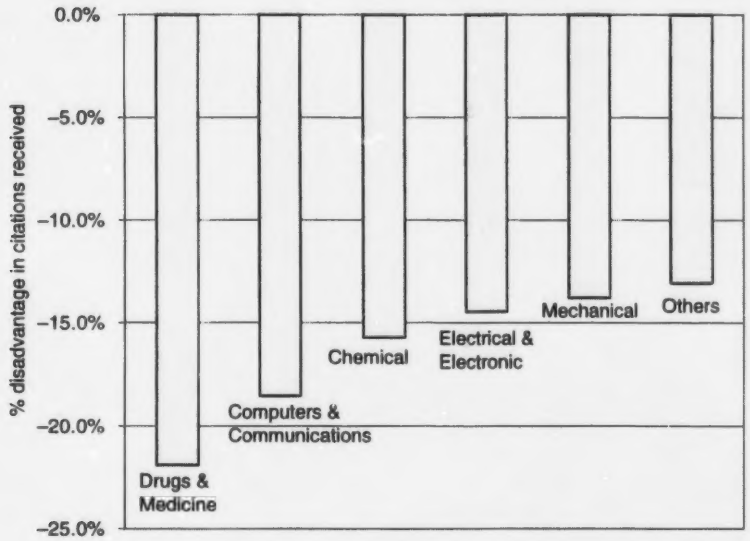
Patent citations serve an important legal function, since they delimit the scope of the property rights awarded by the patent. Thus, if patent 2 cites patent 1, it implies that patent 1 represents a piece of previously existing knowledge upon which patent 2 builds, and over which 2 cannot have a claim. The applicant has a legal duty to disclose any knowledge of the prior art, but the decision regarding which patents to cite ultimately rests with the patent examiner, who is supposed to be an expert in the area and hence able to identify relevant prior art that the applicant misses or conceals.[20]

We use data on patent citations here in order to examine the "quality" of Canadian patents vis-à-vis patents awarded to U.S. inventors. That is, we consider to what extent Canadian patents are more or less frequently cited than U.S. patents, controlling for various effects, and analyze how these differences vary over technological categories. Thus, we regress the number of citations received by each patent on control variables — dummies for 5 technological categories, for grant year (gyear), and for the United States. The sign and magnitude of this latter coefficient is telling the extent to which Canadian patents receive more or less citations on average than U.S. patents, controlling for technological composition and age of patents. The results for the benchmark regression are as follows:[21]

Number of obs. = 95,473
F(6, 95433) = 387.46
Prob > F = 0.0000
R squared = 0.1194
Adj. R squared = 0.1190
Root MSE = 5.0802

	Coefficient	Std. error	t-statistic
Constant	3.143	0.035	90.496
U.S. Dummy	***0.614***	0.033	18.403
Dummies for Technological Categories			
Chemical	0.217	0.049	4.467
Drugs & Medical	2.003	0.077	26.165
Computers & Communications	2.145	0.068	31.376
Mechanicals	–0.258	0.045	–5.685
Electrical & Electronic	0.296	0.053	5.605
* gyear (34 categories)	F(33,95433) = 337.883	0.000	

Figure 12
Relative "Importance" of Canadian vs.U.S. Patents
By Technological Category



Thus, U.S. patents are "better" than Canadian patents by about 20 percent (the coefficient of 0.614 for the United States divided by the constant term of 3.14). Table 4 presents the results of the analysis for each technological category, and Figure 12 shows them graphically. The columns represent, in percentages, the extent to which Canadian patents received lower citation rates than U.S. patents, e.g. in Drugs and Medicine the average number of citations received by Canadian patents was 4.41 (see Table 4), whereas the average for U.S. patents was 4.4 + 1.2 = 5.6. Thus, the "disadvantage" of Canadian patents was 4.4/5.6 – 1 = –22 percent. As can be seen in Figure 12, the biggest disadvantage of Canadian patents vis-à-vis the United States resides in Drugs and Medical and in Computers and Communications; the smallest is in Mechanical and Others. Once again, this is quite worrisome: the former two are the leading technologies of our time, the latter two are declining traditional fields.

However, a closer look at Computers and Communications reveals a wide disparity between the two components (see Table 4 and Figure 13): in Communications the disadvantage was just –9.5 percent whereas in Computers it stands at –19 percent. That is, Canada suffers from a large gap in the "quality" of patents in ***Computers*** vis-à-vis the United States, but in ***Communications*** the disadvantage is much smaller, and in fact it is even lower than in Mechanical and Others, the two traditional fields with the least disadvantage. This is good news, recalling that the rank of patents in Communications (in terms of absolute numbers) is almost as high in Canada as in the United States. That is, Canadian inventors patent a great deal in Communications, and these patents are of relatively high "quality" — still below that of U.S. patents in the same field, but only by a small factor. Thus, the problem that we have identified earlier in terms of the relatively low share of Canadian patents in the dominant GPT of our time, Computers and Communications, is first and foremost a problem in Computers, not in Communications.

Likewise, a detailed examination of the "quality" of patents in Drugs and Medical reveals that the disadvantage of Canadian patents vis-à-vis U.S. patents lies primarily in Medical Instrumentation

(see again Table 4 and Figure 13). In Drugs, the gap with the United States is much smaller (–8.3 percent) and not quite significant from a statistical point of view. As said before, Canadian inventors took more patents in Drugs than in Medical Instrumentation (the opposite is true for U.S. inventors), and here again the news are good in that sense.

Table 4
Regressions by Technological Categories

	Chemical	Computers & Communications	Drugs & Medical	Electrical & Electronic	Mechanical	Others
Constant	3.44	4.75	4.41	3.45	3.02	3.23
	(55.2)	*(37.6)*	*(26.3)*	*(55.1)*	*(79.5)*	*(93.3)*
U.S. Dummy	0.64	1.08	1.24	0.58	0.48	0.49
	(7.7)	*(6.5)*	*(5.6)*	*(7.1)*	*(8.9)*	*(9.6)*
R^2	0.086	0.178	0.139	0.14	0.095	0.123
Number of obs.	18,511	7,020	5,372	14,105	23,353	27,090
Canadian disadvantage	–15.7%	–18.5%	–21.9%	–14.5%	–13.8%	–13.1%

Sub–Categories within Computers and Communications

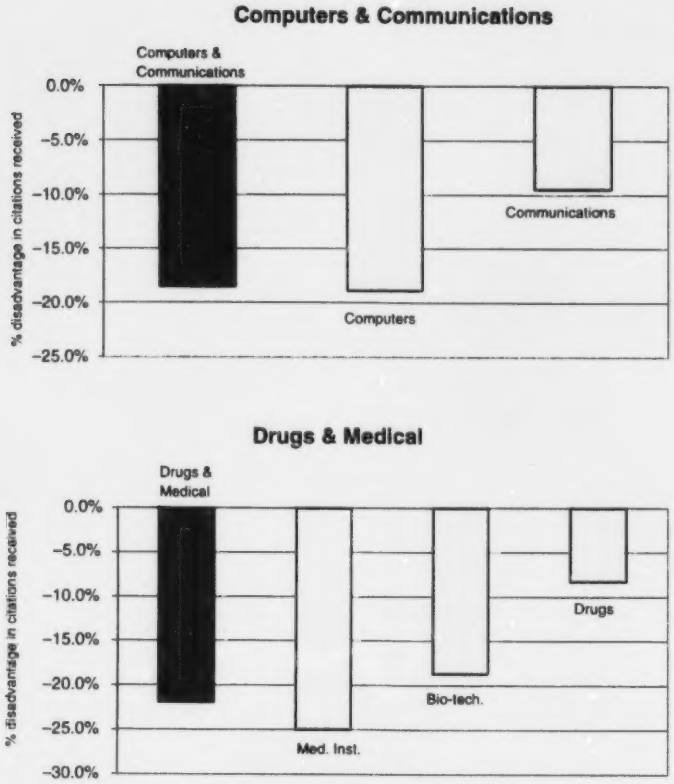
	Computers & Communications	Computers	Communications
Constant	4.75	5.16	4.71
	(37.6)	*(19.1)*	*(35.3)*
U.S. Dummy	1.08	1.2	0.49
	(6.5)	*(3.7)*	*(2.6)*
R^2	0.178	0.225	0.156
Number of obs.	7,020	2,767	4,253
Canadian disadvantage	–18.5%	–18.9%	–9.5%

Sub-Categories within Drugs and Medical

	Drugs & Medical*	Medical Instrumentation	Drugs	Bio-technology
Constant	4.41	6.08	3.29	2.71
	(26.3)	*(19.4)*	*(13.8)*	*(9.6)*
U.S. Dummy	1.24	2.02	0.3	0.62
	(5.6)	*(5.1)*	*(0.9)*	*(1.6)*
R^2	0.139	0.218	0.082	0.246
Number of obs.	5,372	2,081	2,020	767
Canadian disadvantage	–21.9%	–25.0%	–8.3%	–18.7%

*Includes, besides the three sub-categories shown, a "miscellanous" category.
t-statistics are given in parenthesis.

Figure 13
Relative "Importance" of Canadian vs. U.S. Patents
Selected Sub-Categories



8. CONCLUDING REMARKS AND POLICY IMPLICATIONS

Before summing up, it is important to emphasize once again that the foregoing analysis was conducted entirely on the basis of data contained in Canadian and other patents issued by the U.S. Patent and Trademark Office. Clearly, not all Canadian innovations are reflected in those patents (the same is true for the comparison countries), and hence the results should be qualified accordingly. However, there is reason to believe that Canadian patents issued in the United States are indeed representative of the main technological trends and patterns in Canada. That is so both because of the large number of such patents relative to domestic patent applications, and because of fragmentary supporting evidence from other sources on some of the findings (such as the good standing of the field of Communications in Canada).

The picture that emerges from the foregoing analysis is mixed at best, and points at a series of weaknesses in Canadian innovative performance:

1. In terms of relative measures of innovative output such as patents per capita and patents/R&D ratios, Canada stands mid way vis-à-vis the other G7 countries, but it has been overtaken in recent years by a group of countries geared towards the high-technology sector (Finland, Israel, Taiwan, with South Korea closing in).

2. Canada stands well below the other G7 countries (except Italy) in terms of the relative amount of resources devoted to innovation, with a R&D/GDP ratio of 1.5 percent, as opposed to 2.0-2.8 percent for Germany, Japan and the United States.

3. Because of the importance of indivisibilities and critical mass in this area, what ultimately counts is both the absolute amount of R&D, and the absolute number of patents received. Thus, the medium to poor showing in the ***relative*** measures means a very poor standing in ***absolute*** terms, and carry potentially serious implications for economic performance.

4. Canadian patenting is highly correlated with lagged R&D spending in Canada as well as with worldwide trends in patenting. The latter are exogenous but the amount of resources devoted to R&D is not. Thus, a current policy shift in favor of R&D spending may boost innovative output in 2-3 years.

5. The "rate of success" of Canadian patent applications in the United States is low relative both to the other G7 countries and to the Reference Group. It is not clear what accounts for the gap — insufficient selectivity, poor overall "quality" of the applications, procedural difficulties, etc. It is worth examining this area in more detail, since an increase in the success rate may act as a productivity boost to the innovation process.

6. The technological composition of Canadian patents is out of step with the rest of the world: in Canada two of the three traditional fields (Mechanical and Others) still comprise the lion share of patents, whereas the fields of Computers and Communications (C&C) and of Electrical and Electronic (E&E) are well below the world mark.

7. Close examination reveals that the problem lies with Computers (Hardware and Software), and not with Communications. This is true also in terms of the "quality" of Canadian patents in these fields, vis-à-vis U.S. patents.

8. The lagging of Canadian innovation in Computers may have dire consequences for the economic performance of the economy as a whole, since C&C constitutes the leading "General Purpose Technology" of our times.

9. The patterns of ownership of Canadian patents are also troubling: less than half of Canadian patents are owned by Canadian assignees, 35 percent are unassigned (the second highest percentage among the G7), and 19 percent are owned by foreign assignees. Thus, half of Canadian inventions may not fully benefit the Canadian economy, either because they are done by individuals that may have a hard time commercializing them, or because they are owned by foreign assignees.

10. There is a significant gap of about 20 percent in the "quality" or "importance" of Canadian patents versus patents of U.S. inventors, as measured by the number of citations received. The largest disadvantage was in Drugs and Medical (–22 percent) and in Computers and Communications (–19 percent), whereas in two of the traditional fields Canadian patents exhibited the least disadvantage. A close look reveals that the quality gap resides first and foremost in Computers, not in Communications, and in Medical Instrumentation, not in Drugs.

Clearly, there is a great deal of room for improvement both in the rate and in the direction of innovative activity in Canada. According to most indicators, Canada does possess the human capital and the infrastructure needed to benefit from and innovate successfully in cutting-edge technologies. Whether or not it will do so depends as much on allocative decisions (e.g. R&D spending) as on institutional factors affecting innovation and entrepreneurship. Both are to some extent within the realm of economic policy.

NOTES

1 However, this percentage has been dropping in recent years: it stood at 62 percent in 1978, and dropped to 49 percent in 1992.

2 Rebecca Henderson of MIT also participated in the initial stages of this endeavor, and Bronwyn Hall of Berkeley and Oxford has been involved in it for the past few years.

3 With the assistance of Michael Fogarty and his team at Case Western University.

4 There is a large variance across industries in the reliance on patents versus secrecy: see Levin et al, 1987.

5 There are of course other indicators such as number of scientists and engineers in R&D, business sector R&D, etc. I have chosen real non-defense R&D primarily for reasons of data availability and consistency across countries.

6 I experimented with various lags for R&D (recall that this is non-defense Canadian R&D), and the best fit obtains for a lag of 2 years. However, the results using a 3-year lag are very similar.

7 We chose to normalize the number of patents by population, simply because this is a widely available and accurate statistic that provides a consistent scale factor.

8 The R&D data for the countries in the reference group are spotty and less reliable.

9 Other indicators such as number of researchers per worker (47/10,000 in Canada) provide further evidence to that effect.

10 There is also a slight decline in Chemical patents for non-U.S. inventors — see Appendix 2.

11 See Bresnahan and Trajtenberg (1995) and Helpman and Trajtenberg (1998) for a discussion of the notion of "General Purpose Technologies", and an analysis of their implication for growth.

12 The table excludes the "miscellaneous" sub-categories from each of the main categories (i.e. there is a miscellaneous sub-category in Computers and Communications, in Chemical, in Mechanical, etc.).

13 In fact, the number of Canadian patents in Communications was 2.6 times the number in Computers (2,156 versus 816), whereas for U.S. inventors the factor was just 1.3.

14 Canadian inventors took more patents in Drugs than in Medical instrumentation (942 versus 781, with an additional 371 in Biotechnology), whereas the opposite was true for U.S. inventors.

15 In a small number of cases the patent is "assigned to an individual, that is, the inventor herself may appear as the legal entity that owns the patent rights.

16 Clearly, this convention is completely inconsequential for anything but the compilation of statistics about international patenting activity.

17 At least in part, since as said patents classified as "Canadian" may include other inventors located in different countries.

18 The reason we have to be careful with the wording here is as follows: suppose that a Canadian scientist goes to a sabbatical to MIT in Cambridge, MA, and carries out a project in a lab there that results in a patented invention (there are quite a few of these in the data). Such a patent would be labeled as Canadian, but the assignee would be MIT. Now, the invention was made possible not only by the ideas and efforts of the Canadian scientist, but also by the facilities, physical and otherwise, of the host institution. The end result is no doubt a function of both.

19 These figures do not come from the same database as those presented so far: (1) The number of patents assigned to a country in table 3 includes all patents in which ***any*** of the inventors resides in that country; (2) the period covered in table 3 is 1976–98 for granted patents, as opposed to 1968–97 for applied patents in all other tables. Both are due to limitations of the search capabilities in the Internet site of the U.S. Patent and Trademark Office.

20 Because of the role of the examiner and the legal significance of patent citations, there is reason to believe that patent citations are less likely to be contaminated by extraneous motives in the decision of what to cite than other bibliographic data such as citations in the scientific literature. Moreover, bibliometric data are of limited value in tracing the *economic* impact of scientific results, since they are not linked to economic agents or decisions.

21 The data for these regressions consist of all Canadian patents, as well as a sample of 1/50 of patents awarded to U.S. inventors.

BIBLIOGRAPHY

Bresnahan, T. and M. Trajtenberg (1995)."General Purpose Technologies — Engines of Growth?" *Journal of Econometrics*, January, 65(1):83–108.

Cohen, W. and D.A. Levinthal (1989). "Innovation and Learning: The Two Faces of R&D,"*Economic Journal*, September, 99(397):569–96.

Helpman, E. and M. Trajtenberg (1998). "A Time to Sow and a Time to Reap: Growth Based on General Purpose Technologies." In Helpman, E. (ed.), *General Purpose Technologies and Economic Growth*, MIT Press, Cambridge (MA), p. 55–83.

Jaffe, A., R. Henderson and M. Trajtenberg (1993). "Geographic Localization of Knowledge Spillovers as Evidenced by Patent Citations," *Quarterly Journal of Economics*, August, p. 577–98.

Jaffe, A., R. Henderson and M. Trajtenberg (1997). "University versus Corporate Patents: A Window on the Basicness of Invention," *Economics of Innovation and New Technology*, 5(1):19–50.

Jaffe, A., R. Henderson and M. Trajtenberg (1998). "Universities as a Source of Commercial Technology: A Detailed Analysis of University Patenting 1965–1988," *Review of Economics and Statistics*, February, LXXX(1):119–27.

Levin, R., A. Klevorick, R.R. Nelson and S.G. Winter (1987). "Appropriating the Returns from Industrial Research and Development," *Brookings Papers on Economic Activity*, (3):783–820.

National Science Foundation (1998). *Science and Technology Data Book*, Washington (DC) NSF.

Rafiquzzaman, M. and L. Whewell (1998). *Recent Jumps in Patenting Activities: Comparative Innovative Performance of Major Industrial Countries, Patterns and Explanations*, Industry Canada Research Publications Program, Working Paper No. 27.

Trajtenberg, M. (1990). "A Penny for Your Quotes: Patent Citations and the Value of Innovations," *The Rand Journal of Economics*, Spring, 21(1):172–87.

Trefler, D. (1999). "Canada's Lagging Productivity," *Canadian Institute of Advanced Research*, paper ECWP–125.

U.S. Patent and Trademark Office, Internet Site: http://www.uspto.gov/.

APPENDIX 1

Issued Patents by Application Year, 1968–97

Country	1968–72	1973–77	1978–82	1983–87	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Canada	1,106	1,180	1,147	1,345	1,876	2,029	1,938	2,052	1,984	2,274	2,472	2,781	2,564	2,709
France	1,929	2,164	2,199	2,397	2,940	2,925	3,051	2,980	2,926	2,926	3,062	3,449	3,035	3,220
Germany	4,874	5,745	6,167	6,660	7,621	7,759	7,504	6,920	6,966	6,775	7,431	8,180	7,869	8,403
Italy	660	718	819	971	1,267	1,232	1,283	1,250	1,267	1,184	1,268	1,415	1,356	1,393
Japan	4,062	6,385	9,359	13,979	19,866	21,650	22,104	22,811	22,714	22,066	25,352	26,659	25,906	27,386
United Kingdom	2,764	2,709	2,357	2,429	2,704	2,811	2,594	2,341	2,265	2,474	2,819	3,086	2,743	2,946
United States	45,150	41,894	38,222	37,990	46,968	50,190	53,266	53,790	56,690	59,264	65,384	74,610	64,947	73,182
Finland	70	103	143	212	262	310	350	352	329	361	460	503	544	580
Israel	58	102	137	211	281	318	325	316	355	422	578	605	566	650
South Korea	4	9	20	74	205	409	510	795	906	1,026	1,587	2,029	2,851	3,302
Taiwan	1	33	87	279	557	725	932	1,116	1,260	1,567	1,908	2,197	2,688	3,097

Notes to Appendix 1
Sources of Data on Yearly Patent Counts by Countries

The difficulty in obtaining accurate patent counts by ***application year*** stems from the lag between application and grant, which causes truncation in the figures for recent years. That is, we have the complete figures for patents by grant year up to 1998, but not by application year. However, one can estimate these figures relying on the previous percentage of "successful" applications (since we do have the number of raw applications for recent years) and other data. In particular, the figures showed in Appendix 1 (and used throughout the paper) were compiled and/or estimated as follows:

- Up to 1989: from our data file.
- For 1990–94: taken from the latest TAF-USPTO report as given there. These figures are based upon patents granted up to the end of 1998, but since over 99 percent of patents are examined by the forth year after application, these figures may be regarded as essentially complete.
- For 1995: (patents applied in '95 and granted up to '98)/(ratio of '95 patents whose examination was completed by '98=0.98).
- For 1996, average of the following two estimates: (*i*) (patents applied in '96 and granted up to '98)/(ratio of '96 patents whose examination was completed by '98=0.84); (*ii*) (number of raw applications in '96)*("national success ratio": percentage of patents applied for in '94 and '95 that were eventually granted, out of raw applications in those years).
- For 1997: (number of patent applications filed in '97)*(estimated national success ratio for '96). The later was computed as: (estimated number of patents granted in '96)/(number of applications in '96).

APPENDIX 2

Total *non-defense* R&D expenditures in G7 Countries
(in constant 1992 billion $)

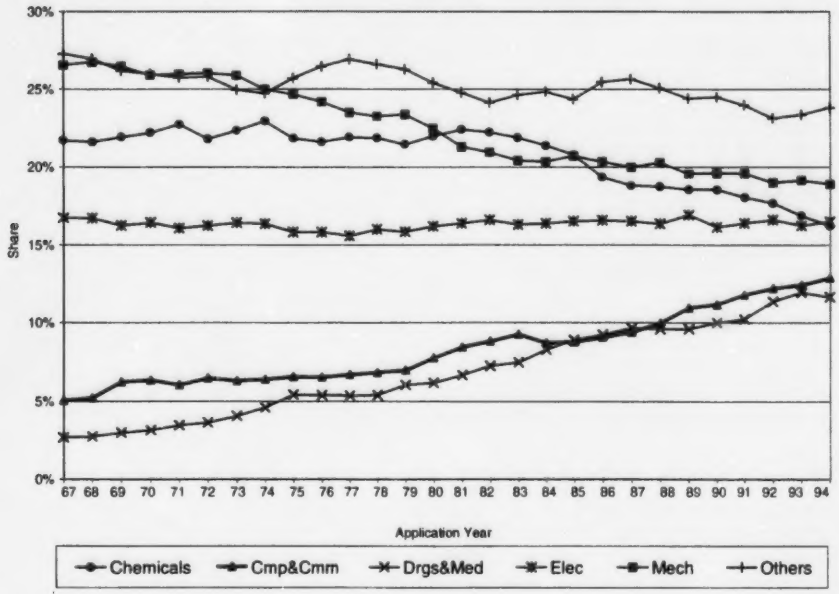
Country	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Canada	5.15	5.56	5.61	6.11	6.62	6.99	7.02	7.14	7.31	7.75	7.90	8.21	8.68	9.00	9.13
France	13.38	14.46	15.24	16.14	16.87	16.97	17.51	18.32	19.70	20.48	21.15	22.42	22.03	21.73	21.72
Germany	22.95	23.69	24.05	24.70	27.07	27.96	29.92	31.03	32.37	32.58	35.04	35.84	34.45	34.35	34.22
Italy	6.77	7.06	7.45	8.01	9.09	9.44	10.31	10.80	11.38	12.38	12.74	13.13	11.90	11.30	11.54
Japan	34.83	37.38	40.31	43.25	48.00	48.76	52.07	56.20	61.55	66.58	67.94	68.91	66.55	65.63	69.74
United Kingdom	13.66	13.39	13.12	13.84	14.56	15.65	16.18	17.13	17.61	17.97	16.57	17.83	17.80	17.99	17.17
United States	81.41	82.55	86.25	93.88	100.36	101.90	103.34	107.79	113.79	120.92	127.83	129.36	126.28	128.58	138.35

Notes to Appendix 2

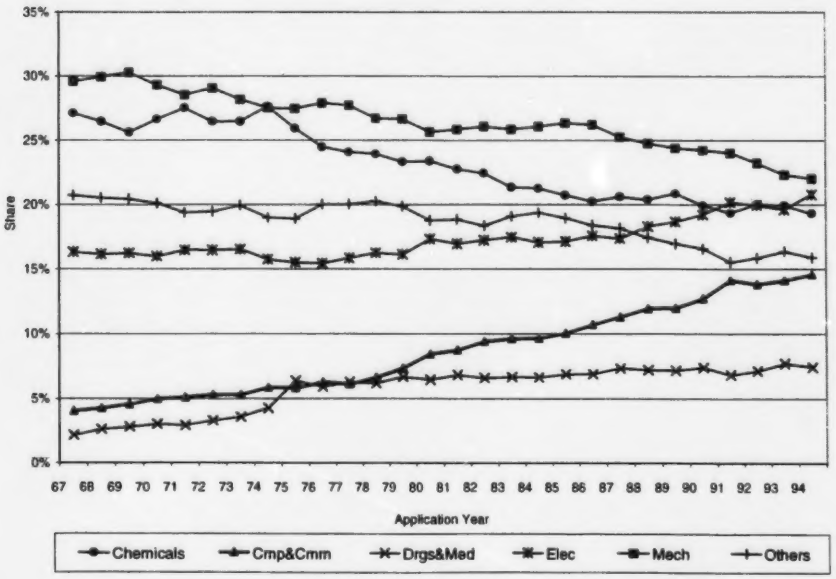
Data taken from NSF site, "National Patterns of R&D Resources: 1998 Data Update" (table b8.xls).
Canada figures for 1992 and 1994 were calculated from total R&D in Canada for that year by taking the average ratio of previous and next years ratio of non-defense R&D to total R&D.
For the United Kingdom in 1982 and 1984 we took the average of previous and next year non-defense R&D.
For France in 1995 we took the non-defense R&D to total R&D ratio of the previous year.

APPENDIX 3

Appendix 3a
Distribution of Patents by Technology Categories, U.S. Inventors



Appendix 3b
Distribution of Patents by Technology Categories, Non U.S. Inventors



INDUSTRY CANADA RESEARCH PUBLICATIONS

INDUSTRY CANADA WORKING PAPER SERIES

No. 1 **Economic Integration in North America: Trends in Foreign Direct Investment and the Top 1,000 Firms**, Micro-Economic Policy Analysis staff including John Knubley, Marc Legault, and P. Someshwar Rao, Industry Canada, 1994.

No. 2 **Canadian-Based Multinationals: An Analysis of Activities and Performance,** Micro-Economic Policy Analysis staff including P. Someshwar Rao, Marc Legault, and Ashfaq Ahmad, Industry Canada, 1994.

No. 3 **International R&D Spillovers Between Industries in Canada and the United States**, Jeffrey I. Bernstein, Carleton University and National Bureau of Economic Research, under contract with Industry Canada, 1994.

No. 4 **The Economic Impact of Mergers and Acquisitions on Corporations**, Gilles Mcdougall, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1995.

No. 5 **Steppin' Out: An Analysis of Recent Graduates Into the Labour Market**, Ross Finnie, School of Public Administration, Carleton University, and Statistics Canada, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 6 **Measuring the Compliance Cost of Tax Expenditures: The Case of Research and Development Incentives**, Sally Gunz and Alan Macnaughton, University of Waterloo, and Karen Wensley, Ernst & Young, Toronto, under contract with Industry Canada, 1996.

No. 7 **Governance Structure, Corporate Decision-Making and Firm Performance in North America**, P. Someshwar Rao and Clifton R. Lee-Sing, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1996.

No. 8 **Foreign Direct Investment and APEC Economic Integration**, Ashfaq Ahmad, P. Someshwar Rao, and Colleen Barnes, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1996.

No. 9 **World Mandate Strategies for Canadian Subsidiaries**, Julian Birkinshaw, Institute of International Business, Stockholm School of Economics, under contract with Industry Canada, 1996.

No. 10 **R&D Productivity Growth in Canadian Communications Equipment and Manufacturing**, Jeffrey I. Bernstein, Carleton University and National Bureau of Economic Research, under contract with Industry Canada, 1996.

No. 11 **Long-Run Perspective on Canadian Regional Convergence**, Serge Coulombe, Department of Economics, University of Ottawa, and Frank C. Lee, Industry Canada, 1996.

No. 12 **Implications of Technology and Imports on Employment and Wages in Canada**, Frank C. Lee, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1996.

No. 13 **The Development of Strategic Alliances in Canadian Industries: A Micro Analysis,** Sunder Magun, Applied International Economics, under contract with Industry Canada, 1996.

No. 14 **Employment Performance in the Knowledge-Based Economy**, Surendra Gera, Industry Canada, and Philippe Massé, Human Resources Development Canada, 1996.

No. 15 **The Knowledge-Based Economy: Shifts in Industrial Output**, Surendra Gera, Industry Canada, and Kurt Mang, Department of Finance, 1997.

No. 16 **Business Strategies of SMEs and Large Firms in Canada**, Gilles Mcdougall and David Swimmer, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1997.

No. 17 **Impact of China's Trade and Foreign Investment Reforms on the World Economy**, Winnie Lam, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1997.

No. 18 **Regional Disparities in Canada: Characterization, Trends and Lessons for Economic Policy**, Serge Coulombe, Department of Economics, University of Ottawa, under contract with Industry Canada, 1997.

No. 19 **Inter-Industry and U.S. R&D Spillovers, Canadian Industrial Production and Productivity Growth**, Jeffrey I. Bernstein, Carleton University and National Bureau of Economic Research, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 20 **Information Technology and Labour Productivity Growth: An Empirical Analysis for Canada and the United States**, Surendra Gera, Wulong Gu, and Frank C. Lee, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1998.

No. 21 **Capital-Embodied Technical Change and the Productivity Growth Slowdown in Canada**, Surendra Gera, Wulong Gu, and Frank C. Lee, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1998.

No. 23 **Restructuring in Canadian Industries: A Micro Analysis**, Sunder Magun, Applied International Economics, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 24 **Canadian Government Policies Toward Inward Foreign Direct Investment**, Steven Globerman, Simon Fraser University and Western Washington University, and Daniel Shapiro, Simon Fraser University, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 25 **A Structuralist Assessment of Technology Policies – Taking Schumpeter Seriously on Policy,** Richard G. Lipsey and Kenneth Carlaw, Simon Fraser University, with a contribution by Davit D. Akman, research associate, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 26 **Intrafirm Trade of Canadian-Based Foreign Transnational Companies,** Richard A. Cameron, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1998.

No. 27 **Recent Jumps in Patenting Activities: Comparative Innovative Performance of Major Industrial Countries, Patterns and Explanations**, Mohammed Rafiquzzaman and Lori Whewell, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1998.

No. 28 **Technology and the Demand for Skills: An Industry-Level Analysis**, Surendra Gera and Wulong Gu, Industry Canada, and Zhengxi Lin, Statistics Canada, 1999.

No. 29 **The Productivity Gap Between Canadian and U.S. Firms**, Frank C. Lee and Jianmin Tang, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1999.

No. 30 **Foreign Direct Investment and Productivity Growth: The Canadian Host-Country Experience**, Surendra Gera, Wulong Gu and Frank C. Lee, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1999.

INDUSTRY CANADA DISCUSSION PAPER SERIES

No. 1 **Multinationals as Agents of Change: Setting a New Canadian Policy on Foreign Direct Investment**, Lorraine Eden, Carleton University, under contract with Industry Canada, 1994.

No. 2 **Technological Change and International Economic Institutions**, Sylvia Ostry, Centre for International Studies, University of Toronto, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 3 **Canadian Corporate Governance: Policy Options**, Ronald. J. Daniels, Faculty of Law, University of Toronto, and Randall Morck, Faculty of Business, University of Alberta, under contract with Industry Canada, 1996.

No. 4 **Foreign Direct Investment and Market Framework Policies: Reducing Frictions in APEC Policies on Competition and Intellectual Property**, Ronald Hirshhorn, under contract with Industry Canada, 1996.

No. 5 **Industry Canada's Foreign Investment Research: Messages and Policy Implications**, Ronald Hirshhorn, under contract with Industry Canada, 1997.

No. 6 **International Market Contestability and the New Issues at the World Trade Organization,** Edward M. Graham, Institute for International Economics, Washington (D.C.), under contract with Industry Canada, 1998.

No. 7 **Implications of Foreign Ownership Restrictions for the Canadian Economy – A Sectoral Analysis,** Steven Globerman, Western Washington University, under contract with Industry Canada, 1999.

No. 8 **Determinants of Canadian Productivity Growth: Issues and Prospects**, Richard G. Harris, Simon Fraser University and Canadian Institute for Advanced Research, under contract with Industry Canada, 1999.

No. 9 **Is Canada Missing the "Technology Boat"? Evidence from Patent Data**, Manuel Trajtenberg, Tel-Aviv University, National Bureau of Economic Research and Canadian Institute for Advanced Research, under contract with Industry Canada, 2000.

INDUSTRY CANADA OCCASIONAL PAPER SERIES

No. 1 **Formal and Informal Investment Barriers in the G-7 Countries: The Country Chapters**, Micro-Economic Policy Analysis staff including Ashfaq Ahmad, Colleen Barnes, John Knubley, Rosemary D. MacDonald, and Christopher Wilkie, Industry Canada, 1994.

Formal and Informal Investment Barriers in the G-7 Countries: Summary and Conclusions, Micro-Economic Policy Analysis staff including Ashfaq Ahmad, Colleen Barnes, and John Knubley, Industry Canada, 1994.

No. 2 **Business Development Initiatives of Multinational Subsidiaries in Canada**, Julian Birkinshaw, University of Western Ontario, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 3 **The Role of R&D Consortia in Technology Development**, Vinod Kumar, Research Centre for Technology Management, Carleton University, and Sunder Magun, Centre for Trade Policy and Law, University of Ottawa and Carleton University, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 4 **Gender Tracking in University Programs**, Sid Gilbert, University of Guelph, and Alan Pomfret, King's College, University of Western Ontario, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 5 **Competitiveness: Concepts and Measures**, Donald G. McFetridge, Department of Economics, Carleton University, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 6 **Institutional Aspects of R&D Tax Incentives: The SR&ED Tax Credit**, G. Bruce Doern, School of Public Administration, Carleton University, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 7 **Competition Policy as a Dimension of Economic Policy: A Comparative Perspective**, Robert D. Anderson and S. Dev Khosla, Economics and International Affairs Branch, Bureau of Competition Policy, Industry Canada, 1995.

No. 8 **Mechanisms and Practices for the Assessment of the Social and Cultural Implications of Science and Technology**, Liora Salter, Osgoode Hall Law School, University of Toronto, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 9 **Science and Technology: Perspectives for Public Policy**, Donald G. McFetridge, Department of Economics, Carleton University, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 10 **Endogenous Innovation and Growth: Implications for Canada**, Pierre Fortin, Université du Québec à Montréal and Canadian Institute for Advanced Research, and Elhanan Helpman, Tel-Aviv University and Canadian Institute for Advanced Research, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 11 **The University-Industry Relationship in Science and Technology**, Jérôme Doutriaux, University of Ottawa, and Margaret Barker, Meg Barker Consulting, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 12 **Technology and the Economy: A Review of Some Critical Relationships**, Michael Gibbons, University of Sussex, under contract with Industry Canada, 1995.

No. 13 **Management Skills Development in Canada**, Keith Newton, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1995.

No. 14 **The Human Factor in Firm's Performance: Management Strategies for Productivity and Competitiveness in the Knowledge-Based Economy**, Keith Newton, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1996.

No. 15 **Payroll Taxation and Employment: A Literature Survey**, Joni Baran, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1996.

No. 16 **Sustainable Development: Concepts, Measures, Market and Policy Failures at the Open Economy, Industry and Firm Levels**, Philippe Crabbé, Institute for Research on the Environment and Economy, University of Ottawa, under contract with Industry Canada, 1997.

No. 17 **Measuring Sustainable Development: A Review of Current Practice,** Peter Hardi and Stephan Barg, with Tony Hodge and Laszlo Pinter, International Institute for Sustainable Development, under contract with Industry Canada, 1997.

No. 18 **Reducing Regulatory Barriers to Trade: Lessons for Canada from the European Experience**, Ramesh Chaitoo and Michael Hart, Centre for Trade Policy and Law, Carleton University, under contract with Industry Canada, 1997.

No. 19 **Analysis of International Trade Dispute Settlement Mechanisms and Implications for Canada's Agreement on Internal Trade**, E. Wayne Clendenning and Robert J. Clendenning, E. Wayne Clendenning & Associates Inc., under contract with Industry Canada, 1997.

No. 20 **Aboriginal Businesses: Characteristics and Strategies for Growth**, David Caldwell and Pamela Hunt, Management Consulting Centre, under contract with Aboriginal Business Canada, Industry Canada, 1998.

No. 21 **University Research and the Commercialization of Intellectual Property in Canada,** Wulong Gu and Lori Whewell, Micro-Economic Policy Analysis, Industry Canada, 1999.

CANADA IN THE 21ST CENTURY SERIES

No. 1 **Global Trends: 1980-2015 and Beyond**, J. Bradford DeLong, University of California, Berkeley, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 2 **Broad Liberalization Based on Fundamentals: A Framework for Canadian Commercial Policy**, Randy Wigle, Wilfrid Laurier University, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 3 **North American Economic Integration: 25 Years Backward and Forward**, Gary C. Hufbauer and Jeffrey J. Schott, Institute for International Economics, Washington (D.C.), under contract with Industry Canada, 1998.

No. 4 **Demographic Trends in Canada, 1996-2006: Implications for the Public and Private Sectors**, David K. Foot, Richard A. Loreto, and Thomas W. McCormack, Madison Avenue Demographics Group, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 5 **Capital Investment Challenges in Canada**, Ronald P.M. Giammarino, University of British Columbia, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 6 **Looking to the 21st Century – Infrastructure Investments for Economic Growth and for the Welfare and Well-Being of Canadians**, Christian DeBresson, Université du Québec à Montréal, and Stéphanie Barker, Université de Montréal, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 7 **The Implications of Technological Change for Human Resource Policy**, Julian R. Betts, University of California, San Diego, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 8 **Economics and the Environment: The Recent Canadian Experience and Prospects for the Future**, Brian R. Copeland, University of British Columbia, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 9 **Individual Responses to Changes in the Canadian Labour Market**, Paul Beaudry and David A. Green, University of British Columbia, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 10 **The Corporate Response – Innovation in the Information Age**, Randall Morck, University of Alberta, and Bernard Yeung, University of Michigan, under contract with Industry Canada, 1998.

No. 11 **Institutions and Growth: Framework Policy as a Tool of Competitive Advantage for Canada**, Ronald J. Daniels, University of Toronto, under contract with Industry Canada, 1998.

PERSPECTIVES ON NORTH AMERICAN FREE TRADE SERIES

No. 1 **Can Small-Country Manufacturing Survive Trade Liberalization? Evidence from the Canada-U.S. Free Trade Agreement**, Keith Head and John Ries, University of British Columbia, under contract with Industry Canada, 1999.

No. 2 **Modelling Links Between Canadian Trade and Foreign Direct Investment,** Walid Hejazi and A. Edward Safarian, University of Toronto, under contract with Industry Canada, 1999.

No. 3 **Trade Liberalisation and the Migration of Skilled Workers,** Steven Globerman, Western Washington University and Simon Fraser University, under contract with Industry Canada, 1999.

No. 4 **The Changing Industry and Skill Mix of Canada's International Trade**, Peter Dungan and Steve Murphy, Institute for Policy Analysis, University of Toronto, under contract with Industry Canada, 1999.

No. 5 **Effects of the Canada-United States Free Trade Agreement on Interprovincial Trade**, John F. Helliwell, University of British Columbia, Frank C. Lee, Industry Canada, and Hans Messinger, Statistics Canada, 1999.

No. 6 **The Long and Short of the Canada-U.S. Free Trade Agreement,** Daniel Trefler, University of Toronto, under contract with Industry Canada, 1999.

JOINT PUBLICATIONS

Capital Budgeting in the Public Sector, in collaboration with the John Deutsch Institute, Jack Mintz and Ross S. Preston eds., 1994.

Infrastructure and Competitiveness, in collaboration with the John Deutsch Institute, Jack Mintz and Ross S. Preston eds., 1994.

Getting the Green Light: Environmental Regulation and Investment in Canada, in collaboration with the C.D. Howe Institute, Jamie Benidickson, G. Bruce Doern, and Nancy Olewiler, 1994.

To obtain copies of documents published under Industry Canada's Research Publications Program, please contact:

Publications Officer
Micro-Economic Policy Analysis
Industry Canada
5th Floor, West Tower
235 Queen Street
Ottawa, Ontario, K1A 0H5

Tel.: (613) 952-5704; fax: (613) 991-1261; e-mail: mepa.apme@ic.gc.ca

Programme des publications
de recherche d'Industrie Canada

Document de discussion

Programme des publications de recherche d'Industrie Canada

Le Programme des publications de recherche d'Industrie Canada fournit une tribune pour l'analyse des grands défis micro-économiques auxquels est confrontée l'économie canadienne et favorise un débat public éclairé sur les grandes questions d'actualité. Sous l'égide de la Direction générale de l'analyse de la politique micro-économique, la collection des documents de recherche, qui s'inscrit dans le cadre de ce programme, englobe des documents de travail analytiques révisés par des pairs et des documents de discussion rédigés par des spécialistes traitant de questions micro-économiques d'importance primordiale.

Les opinions exprimées dans ces documents de recherche ne reflètent pas nécessairement celles d'Industrie Canada ou du gouvernement fédéral.

LE CANADA MANQUE-T-IL LE « BATEAU TECHNOLOGIQUE »? EXAMEN DES DONNÉES SUR LES BREVETS

Document de discussion nº 9
Janvier 2000

Par Manuel Trajtenberg
Université de Tel-Aviv, National Bureau of Economic Research et Institut canadien des recherches avancées

Also available in English

Données de catalogage avant publication (Canada)

Trajtenberg, Manuel

Le Canada manque-t-il le « bateau technologique »? Examen des données sur les brevets

(Document de discussion ; nº 9)
Texte en français et en anglais disposé tête-bêche.
Titre de la p. de t. addit.: Is Canada Missing the "Technology Boat"?
Comprend des références bibliographiques.
ISBN 0-662-64566-9
Nº de cat. C21-25/9-1999

1. Brevets d'invention – Canada.
2. Innovations – Canada.
3. Productivité – Canada.
4. Propriété intellectuelle – Canada.
I. Canada. Industrie Canada.
II. Titre.
III. Titre : Is Canada Missing the "Technology Boat"?
IV. Coll. : Documents de discussion (Canada. Industrie Canada)

T339.T72 1999 608.771 C99-980436-7F

Vous trouverez, à la fin du présent ouvrage, des renseignements sur les documents publiés dans le cadre du Programme des publications de recherche et sur la façon d'en obtenir des exemplaires. Des sommaires des documents et cahiers de recherche publiés dans les diverses collections d'Industrie Canada, ainsi que le texte intégral de notre bulletin trimestriel, *MICRO*, peuvent être consultés sur *STRATEGIS*, le service d'information commerciale en direct du Ministère, à l'adresse http://strategis.ic.gc.ca.

Prière d'adresser tout commentaire à :

Someshwar Rao
Directeur
Analyse des investissements stratégiques
Analyse de la politique micro-économique
Industrie Canada
5e étage, tour Ouest
235, rue Queen
Ottawa (Ontario) K1A 0H5

Tél. : (613) 941-8187
Téléc. : (613) 991-1261
Courriel : rao.someshwar@ic.gc.ca

Remerciements

Nous tenons à remercier tout spécialement Adi Raz, Avi Rubin et Guy Michaels pour leur excellent soutien au niveau de la recherche.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ i

1. INTRODUCTION 1

2. LES DONNÉES 3

3. LES FAITS ESSENTIELS AU SUJET DES DEMANDES DE BREVETS CANADIENS AUX ÉTATS-UNIS 7

4. COMPARAISONS INTERNATIONALES 11

5. LA COMPOSITION TECHNOLOGIQUE DES INNOVATIONS BREVETÉES AU CANADA 17

6. QUI POSSÈDE QUOI? APERÇU DE LA DISTRIBUTION DES CESSIONNAIRES DE BREVETS CANADIENS 23

7. L'« IMPORTANCE » RELATIVE DES BREVETS CANADIENS 27

8. CONCLUSION ET CONSÉQUENCES SUR LE PLAN DES POLITIQUES 31

NOTES 33

BIBLIOGRAPHIE 35

APPENDICE 1 37

APPENDICE 2 39

APPENDICE 3 41

PUBLICATIONS DE RECHERCHE D'INDUSTRIE CANADA 43

RÉSUMÉ

Le Canada a pris du retard en termes de croissance de la productivité ces dernières années. Une piètre performance au chapitre de la R-D et du changement technique pourrait en être la cause. Dans ce document, nous tentons de faire la lumière sur cette question en analysant l'innovation au Canada au cours des 30 dernières années à l'aide de données détaillées sur les brevets. Nous utilisons des données sur l'ensemble des brevets obtenus par des Canadiens aux États-Unis (plus de 45 000) et des données sur les brevets américains et les brevets d'autres pays à des fins de comparaison. L'octroi de brevets au Canada affiche une corrélation élevée avec la R-D décalée ainsi qu'avec les progrès technologiques qui surviennent dans le monde, tel qu'il ressort du nombre total de brevets accordés aux États-Unis. Le Canada se situe dans le peloton des pays du G-7 pour ce qui est du nombre de brevets par habitant et du ratio brevets/R-D. Ces dernières années, il a toutefois été devancé par un groupe de pays de « haute technologie » : la Finlande, Israël et Taiwan, ainsi que la Corée du Sud qui referme rapidement l'écart. La composition technologique des innovations canadiennes se démarque de la moyenne du reste du monde, la part des secteurs traditionnels étant toujours très élevée au Canada, tandis que les domaines d'avenir, soit l'informatique et les communications, semblent avoir progressé moins rapidement au Canada. Compte tenu du fait que le groupe de l'informatique et des communications domine les « technologies d'application générale » à notre époque, une faiblesse dans ce secteur pourrait nuire à la performance de l'ensemble de l'économie. Une autre source de faiblesse ressort du profil de détention de la propriété intellectuelle représentée par les brevets : moins de 50 p. 100 des brevets canadiens appartiennent à des sociétés canadiennes, un pourcentage beaucoup plus faible que dans les autres pays du G-7. Pour ce qui est de la « qualité » relative des innovations canadiennes, mesurée en fonction du nombre de citations reçues, elle serait sensiblement inférieure à la qualité des brevets accordés aux inventeurs américains, en particulier dans le secteur de l'informatique (mais non les communications) et dans celui des instruments médicaux (mais non les médicaments).

1. INTRODUCTION

Le Canada se démarque comme étant l'une des économies les plus avancées en termes de revenu par habitant et selon diverses autres mesures de la qualité de vie. Pourtant, au cours des dernières années, il a marqué le pas et, même, perdu du terrain relativement à d'autres pays (en particulier les États-Unis) au chapitre de la productivité et de la croissance (voir, par exemple, Trefler, 1999). Cette difficulté en apparence incongrue a beaucoup retenu l'attention et suscité des travaux de recherche visant à déterminer les origines du « malaise » actuel. L'une des pistes intéressantes à cet égard est l'examen de la performance de l'économie canadienne en termes de R-D, d'innovation et de changement technique. Après tout, ce sont là les principaux facteurs qui ont, dans le passé, alimenté la croissance de la productivité dans le monde industrialisé.

Dans ce document, nous tentons de jeter un peu de lumière sur la performance du Canada au chapitre de l'innovation en examinant des données très détaillées couvrant l'ensemble des brevets octroyés aux États-Unis à des inventeurs canadiens et une partie des brevets américains accordés à des ressortissants d'autres pays. Nous aborderons des questions telles que : Comment le Canada s'en tire-t-il par rapport aux autres pays pour ce qui est de l'activité liée aux brevets? Quelle est la composition technologique des innovations canadiennes? Qui possède réellement les droits de propriété intellectuelle et dans quelle mesure peut-on s'attendre à ce que l'économie canadienne profite des innovations des inventeurs canadiens? Comment les innovations canadiennes se comparent-elles à celles des autres pays quant à leur « importance » mesurée par les citations de brevets? En étudiant ces questions, nous espérons non seulement éclairer le cas du Canada, mais aussi démontrer l'utilité de ce genre de données pour étudier en détail l'innovation et, en particulier, comparer la performance des pays et des régions sur ce plan.

Pourquoi s'intéresser aux brevets obtenus par des Canadiens aux États-Unis? Plusieurs raisons expliquent ce choix. Premièrement, selon Rafiquzzaman et Whewell (1998), les Canadiens affichent l'une des propensions les plus faibles à déposer des demandes de brevets au pays parmi les grands pays industrialisés; en 1992, seulement 6,6 p. 100 des demandes de brevets déposées au pays provenaient de résidants (p. 5). Ainsi, il est naturel de regarder du côté des demandes de brevets déposées à l'étranger par des Canadiens pour se faire une idée des résultats de l'activité innovatrice au Canada. Ce sont les États-Unis qui, traditionnellement, ont accaparé la part du lion des demandes de brevets déposées à l'étranger (bien au-delà de la moitié pour la plus grande partie de la période étudiée), ce qui s'explique principalement par l'intégration économique poussée du Canada et des États-Unis[1]. Deuxièmement, même si les demandes de brevets déposées par des Canadiens dans les autres pays du G-7 ont augmenté sensiblement au fil des années (voir Rafiquzzaman et Whewell, tableau 2), il arrive souvent que des brevets soient d'abord sollicités aux États-Unis, où les normes de brevetabilité sont plus rigoureuses que dans la plupart des pays européens. Ainsi, on peut espérer en apprendre beaucoup au sujet de l'innovation au Canada en analysant les brevets obtenus par des Canadiens aux États-Unis. Du milieu des années 60 jusqu'à 1997, les inventeurs établis au Canada ont obtenu plus de 45 000 brevets aux États-Unis. C'est là un chiffre élevé (en valeur absolue), qui place le Canada au cinquième rang des récipiendaires étrangers de brevets américains.

Adam Jaffe et moi-même avons élaboré, ces dernières années, une approche méthodologique qui permet d'étudier l'innovation à un niveau très détaillé à l'aide de données sur les brevets, en allant au-delà du nombre de brevets accordés[2]. En exploitant notamment les renseignements détaillés que renferment les brevets et les citations de brevets, nous avons pu calculer, pour chaque brevet, des indicateurs quantitatifs axés sur des notions telles que l'« importance », la « généralité » et l'« originalité » des brevets (voir Jaffe, Henderson et Trajtenberg, 1997). Nous pouvons également préciser les « retombées » de chaque

brevet et analyser leur profil géographique et temporel (par exemple, les retombées sont-elles localisées géographiquement? Voir Jaffe, Henderson et Trajtenberg, 1993). En outre, nous avons construit une imposante banque de données qui renferme des renseignements sur tous les brevets accordés aux États-Unis entre 1965 et 1996[3], laquelle nous permet de calculer des indicateurs de ce genre pour tout sous-échantillon de brevets. C'est là un outil puissant qui renforce considérablement notre capacité de faire de la recherche empirique dans le domaine de l'économie du changement technologique.

L'étude se présente comme suit. Au chapitre 2, nous présentons une analyse sommaire des données, pour ensuite examiner, aux chapitres 3 et 4, les principales tendances qui ressortent des brevets canadiens, en termes absolus et en comparaison avec deux groupes de pays : les autres pays du G-7 et un groupe de pays « de référence » comprenant la Finlande, Israël, la Corée du Sud et Taiwan. Le chapitre 5 traite de la composition technologique des innovations canadiennes par rapport à celle des autres pays. Au chapitre 6, nous examinons la répartition des cessionnaires canadiens pour nous demander ensuite qui contrôle les droits de propriété intellectuelle que renferment ces brevets et, partant, qui devrait pouvoir en profiter. Le chapitre 7 est consacré à un examen de l'« importance » ou de la « qualité » relative des brevets canadiens par rapport aux brevets accordés aux inventeurs américains, en fonction du nombre de citations obtenues. Enfin, au chapitre 8, nous résumons les principaux points qui ressortent de l'étude et nous tentons d'en tirer des enseignements sur le plan des politiques.

2. LES DONNÉES

Un brevet est un monopole temporaire accordé à un inventeur pour l'utilisation commerciale d'un dispositif nouvellement inventé. Pour que le brevet soit accordé, l'innovation doit avoir un caractère non trivial, ce qui signifie qu'elle ne serait pas évidente aux yeux d'un professionnel compétent dans le domaine technologique en cause, et elle doit être utile, ce qui signifie qu'elle doit avoir une valeur commerciale potentielle. Lorsqu'un brevet est accordé, un document public détaillé est produit. La première page du brevet renferme des renseignements détaillés au sujet de l'invention, de l'inventeur, du cessionnaire et des antécédents technologiques de l'invention; toutes ces données sont accessibles sous forme informatisée (voir les figures 1 et 2).

Figure 1

Brevet des États-Unis	**5,946,313**
Allan, et al.	**31 août 1999**

Mécanisme de multiplexage de circuits virtuels ATM AAL5 sur Ethernet

Sommaire

L'invention porte sur un E-Mux et une méthode d'encapsulage/segmentation de cellules ATM dans/d'un cadre Ethernet à l'interface de réseaux ATM et Ethernet. Une station terminale Ethernet sur le E-Mux est adressée à l'aide de multiples identificateurs de niveau MAC, qui sont attribués de façon dynamique selon les circuits virtuels ATM qui se terminent à cette station et n'ont qu'une importance temporaire sur le réseau Ethernet. Un OUI ATM unique identifie les cadres qui supportent le trafic ATM.

Inventeurs :	**Allan, David Ian** (Ottawa, CA); **Casey, Liam M.** (Ottawa, CA); **Robert, Andre J.** (Woodlawn, CA).
Cessionnaire :	**Northern Telecom Limited** (Montréal, CA).
N° de la demande :	**821,145**
Date de dépôt :	**20 mars 1997**
Cl. international :	**H04Q 11/04**
Cl. actuel aux États-Unis :	**370/397**; 370/401
Domaine de recherche :	**370**/397, 395, 398, 401, 471, 473, 474

Références citées I [source de la référence]

Documents de brevets des États-Unis

5,457,681	octobre 1995	Gaddis et al.	**370**/56
5,490,140	février 1996	Abensour et al.	**370**/397
5,490,141	février 1996	Lai et al.	**370**/397
5,732,071	mars 1998	Saito et al.	370/410

Figure 2

Brevet des États-Unis	**5,941,683**
Ridyard, et al.	**24 août 1999**

Structure de soutien d'un moteur à turbine à gaz

Sommaire

Une structure de soutien portante pour un moteur à turbine à gaz comprenant un ensemble d'aubes de stator disposées en anneau et une partie portante interne en rayons interconnectés par un ensemble annulaire de traverses en forme de U disposées de façon radiale. Les traverses en forme de U sont reliées ensemble à la partie extérieure du rayon et disposées de manière à ce que les pièces adjacentes soient ouvertes dans des directions axiales généralement opposées. Une telle structure de soutien peut porter des conduits d'alimentation en offrant une bonne accessibilité et peut être produite par moulage, ce qui contribue à en réduire le coût.

Inventeurs :	**Ridyard, Philip** (Mississauga, CA); **Foster, Alan G.** (Derby, GB). **Rolls-Royce plc** (London, GB).
Cessionnaire :	**25,109**
N° de la demande :	**17 février 1998**
Date de dépôt :	**F01D 25/16**
Cl. international :	**415/142**; 415/209.2; 415/209.3; 415/209.4; 415/210.1;
Cl. actuel aux États-Unis :	416/244.A
Domaine de recherche :	**415**/142, 209.2, 209.3, 209.4, 210.1; **416**/244 A, 245 R; **60**/226.1

Références citées I [source de la référence]

Documents de brevets des États-Unis

4,979,872	décembre 1990	Myers et al.	**415**/142
4,987,736	janvier 1991	Ciokajlo et al.	**60**/39.31

Ces données extrêmement riches et détaillées comportent deux limitations importantes : premièrement, la gamme des innovations *brevetables* ne représente qu'un sous-ensemble de tous les résultats de la recherche et, deuxièmement, le dépôt d'une demande de brevet est une décision *stratégique*; par conséquent, toutes les innovations *brevetables* ne sont pas *brevetées*. Pour ce qui est de la première limitation, envisageons une distribution hypothétique des résultats de la recherche, qui va de la recherche la plus appliquée, du côté gauche, à la recherche la plus fondamentale, du côté droit. Manifestement, ni l'une ni l'autre des extrémités de ce continuum n'est brevetable : les équations de Maxwell ne peuvent être brevetées parce qu'elles ne constituent pas un dispositif (les idées ne peuvent faire l'objet d'un brevet). Par ailleurs, un piège à souris marginalement meilleur n'est pas brevetable parce que l'innovation doit avoir un caractère non trivial. Ainsi, nos mesures ne permettent de saisir ni les percées purement scientifiques sans application immédiate, ni les améliorations technologiques de routine trop peu importantes pour représenter des innovations discrètes et codifiables.

La seconde limitation se rattache au fait qu'il peut être optimal pour un inventeur de ne *pas* présenter une demande de brevet même si son innovation répond aux critères de brevetabilité. Ainsi, jusqu'en 1980, les universités américaines ne pouvaient percevoir de redevances pour l'utilisation des brevets découlant de la recherche financée par des fonds fédéraux. Cette condition réduisait considérablement l'incitation à demander un brevet pour les résultats de ces recherches, qui représentent environ 90 p. 100 de l'ensemble de la recherche universitaire aux États-Unis. Par ailleurs, les entreprises peuvent décider de ne pas demander un brevet et s'en remettre plutôt au secret pour protéger leurs droits de propriété[4]. Ainsi, les exigences relatives à la brevetabilité et les facteurs qui incitent à ne pas déposer

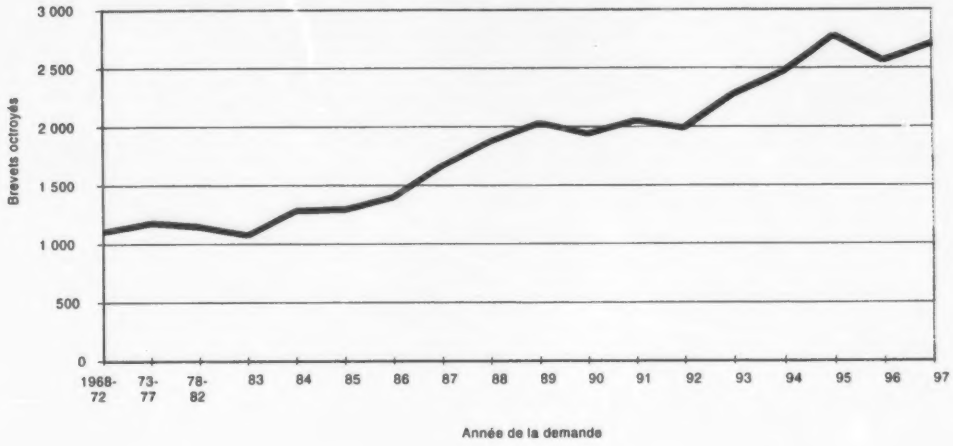
une demande de brevet limitent la portée d'une analyse faite à partir des données sur les brevets. On estime généralement que ces limitations ne sont pas trop graves, mais il s'agit là d'une question empirique qui demeure posée.

L'hypothèse de travail de cette étude est que, même si ces limitations peuvent influer sur les comparaisons de ***niveau*** entre les catégories et les industries, et peut-être même entre les pays ***à un point donné dans le temps***, elles ne modifient pas l'analyse des tendances et les changements qui se produisent graduellement. En d'autres termes, si nous observons une hausse de la *part* des brevets américains dans la catégorie de l'informatique et des communications et une diminution simultanée de la part des brevets américains dans la catégorie des produits chimiques, il est difficile de penser que ces mouvements sont attribuables à des changements sous-jacents dans la propension relative à demander des brevets dans ces deux secteurs. Plutôt, l'hypothèse que nous faisons est que ces tendances traduisent des changements véritables dans le nombre d'innovations produites dans ces deux secteurs.

3. LES FAITS ESSENTIELS AU SUJET DES DEMANDES DE BREVETS CANADIENS AUX ÉTATS-UNIS

La figure 3 fait voir le nombre de demandes de brevets en provenance du Canada acceptées aux États-Unis depuis 1968. Au cours des 15 premières années, le nombre de brevets obtenus a été à peu près constant, puis il a commencé à augmenter mais de façon irrégulière : il a augmenté rapidement entre 1986 et 1989 et à nouveau entre 1992 et 1995, avec une période de stagnation entre ces deux épisodes. Nous devons interpréter prudemment les données temporelles : les demandes de brevets traduisent la R-D (réussie) qui s'est déroulée ***avant*** la date de dépôt et le décalage varie considérablement d'un secteur à l'autre. Ainsi, le nombre de brevets accordés au cours d'une année donnée devrait être attribué aux investissements en R-D effectués durant les deux à trois années précédentes au moins et, dans certains secteurs (comme les produits pharmaceutiques), il faut remonter plus loin dans le temps (voir la figure 4).

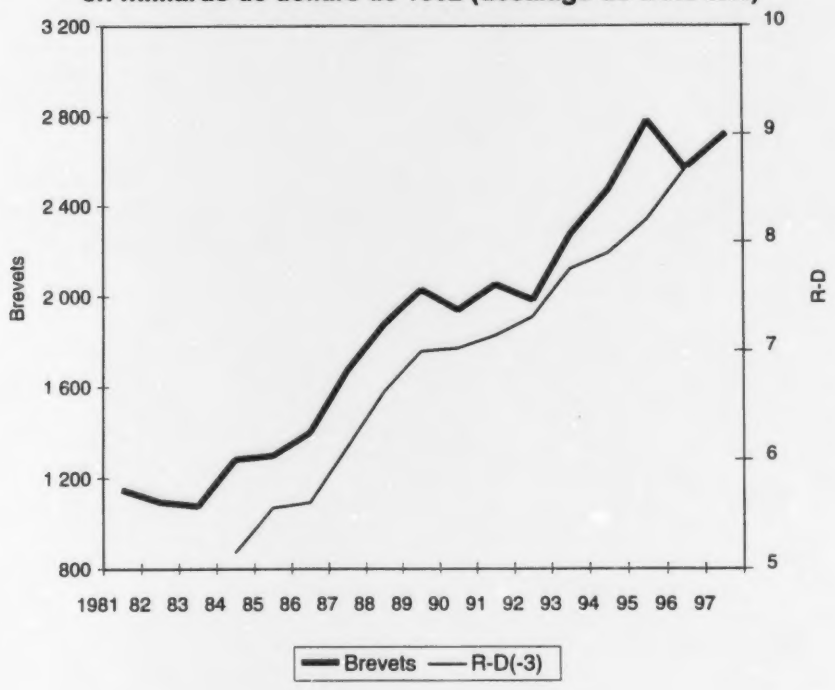
Figure 3
Brevets obtenus par des Canadiens aux États-Unis, 1968-1997



Qu'est-ce qui peut expliquer l'évolution observée du nombre de brevets obtenus par des Canadiens au fil des années? Nous ne tenterons pas ici de faire une analyse approfondie de cette évolution (cette question déborde la portée de la présente étude); nous nous limiterons plutôt à examiner les facteurs les plus pertinents. Considérons tout d'abord le côté des intrants, à savoir la R-D. Plus un pays consacre de ressources à la recherche et aux autres formes d'activité inventive, plus il faut s'attendre à observer des résultats innovateurs et, bien sûr, les brevets entrent dans cette catégorie. Nous utiliserons à cette fin les dépenses de R-D *réelles et non liées à la défense*, telles que compilées par la National Science Foundation (NSF, 1998)[5]. Par ailleurs, on observe des fluctuations dans le nombre de brevets accordés à l'échelle mondiale qui, fort probablement, traduisent l'évolution des possibilités technologiques (et, peut-être aussi, des pratiques en matière de brevets) et qui pourraient influencer le nombre de brevets obtenus par des inventeurs canadiens. En outre, compte tenu de la proximité des États-Unis, l'évolution de l'activité liée aux brevets au Canada peut être particulièrement sensible aux demandes de brevets présentées par des inventeurs américains (ces derniers reçoivent environ la moitié de tous les brevets accordés aux États-Unis). Afin de mesurer l'importance de ces facteurs, nous avons effectué des régressions simples en

utilisant le nombre annuel de brevets canadiens comme variable dépendante et la R-D décalée et le nombre de brevets obtenus par des inventeurs américains comme variables explicatives, toutes ces données étant exprimées en logarithmes[6].

Figure 4
Brevets canadiens et dépenses de R-D civile, en milliards de dollars de 1992 (décalage de trois ans)



	Variable dépendante : logarithme du nombre de brevets canadiens, 1981-1997				
Variables explicatives *(en logarithmes)*	**(1)**	**(2)***	**(3)**	**(4)***	**(5) 1981-1995****
Constante	4,36	–3,51	0,88	–0,36	1,94
	(27,8)	(–1,49)	(0,44)	(–0,18)	(2,15)
R-D avec décalage de deux ans	1,62		1,02	0,67	1,32
	(20,3)		(2,92)	(1,8)	(3,3)
Brevets accordés à des inventeurs américains		1,02	0,43	0,61	0,28
		(4,74)	(1,75)	(2,43)	(1,04)
AR(1)		0,64		0,16	
		(2,37)		(0,56)	
Obs.	15	16	15	14	13
R^2	0,969	0,966	0,976	0,975	0,976
DW	1,88	2,34	1,61	2,08	1,98

La valeur du test *t* figure entre parenthèses.
* Corrigé pour supprimer la corrélation sérielle.
** Les données sur les brevets pour 1996 et 1997 sont des estimations préliminaires, ce qui a motivé le choix de cet intervalle.

Comme nous pouvons le voir, les corrélations pairées entre les brevets canadiens et *chacune* des variables explicatives sont très élevées. Réunie dans la régression, la R-D décalée prévaut dans certaines estimations, mais les données sont trop dispersées et comportent une trop grande colinéarité pour nous permettre de tirer des conclusions définitives. D'un côté, l'évolution temporelle des demandes de brevets d'inventeurs canadiens ressemble à celle des inventeurs américains, réagissant en apparence à des forces économiques et technologiques d'envergure mondiale. De l'autre, les brevets canadiens suivent très étroitement l'évolution des ressources consacrées à la R-D civile au Canada. Bien entendu, il se pourrait que les dépenses de R-D au Canada réagissent aux forces mondiales sous-jacentes qui déterminent l'activité globale en matière de brevets (par exemple, les possibilités technologiques) et, par conséquent, un modèle plus complexe traiterait la R-D comme une variable endogène. Nonobstant la « rivalité » entre les variables explicatives, il demeure que la production innovatrice au Canada, telle que mesurée par le nombre de demandes de brevets déposées aux États-Unis, semble très sensible à la R-D civile réalisée deux à trois années auparavant. Ainsi, les fluctuations du niveau des ressources de R-D investies se manifestent, après un certain temps, dans le nombre d'innovations brevetées apparaissant sur le marché.

Au-delà de l'analyse statistique, un examen plus attentif des séries de données et, en particulier, des *taux de croissance* des brevets et de la R-D fait ressortir un certain nombre de périodes discrètes sur la trajectoire temporelle, lesquelles semblent correspondre à un profil cyclique triennal.

Période	Taux de croissance des brevets	Taux de croissance de la R-D (décalage de 3 ans)
1968-1983	~ 0 %	n.d.
1983-1986	9,2 %	4,4 %*
1986-1989	13,2 %	7,6 %
1989-1992	–0,7 %	1,5 %
1992-1995	6,4 %	4,2 %

* Calculé uniquement pour 1981-1983.

La correspondance entre les deux séries est assez frappante (voir encore une fois la figure 4) et soulève certaines questions au sujet du « cycle politique » qui pourrait avoir engendré les fluctuations observées dans les dépenses de R-D.

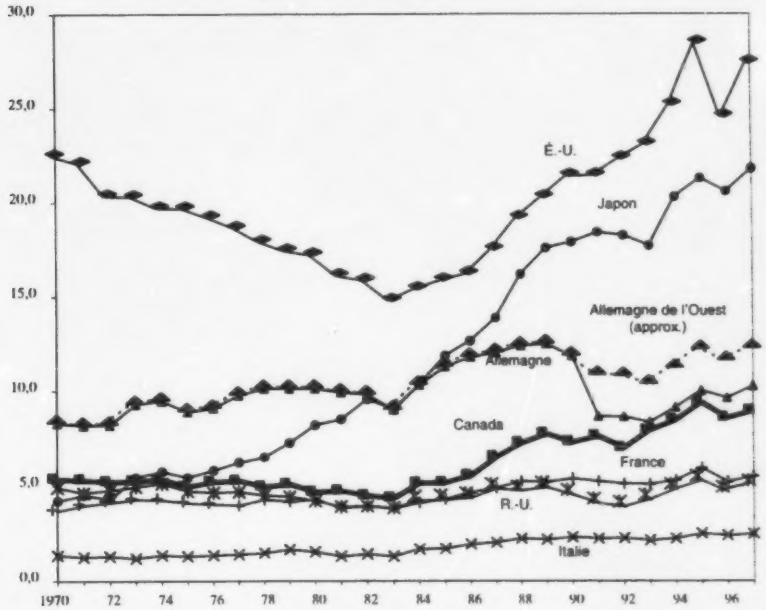
4. COMPARAISONS INTERNATIONALES

Si l'analyse détaillée des brevets canadiens est en elle-même révélatrice, nous avons fait des comparaisons internationales pour mettre en perspective le niveau général et la tendance temporelle de l'activité en matière de brevets au Canada. Nous avons choisi à cette fin deux groupes de pays :

1. ***Les (autres) pays du G-7*** : France, Allemagne, Italie, Japon, Royaume-Uni et États-Unis.
2. ***Un groupe de référence*** : Finlande, Israël, Corée du Sud et Taiwan.

Le groupe de référence est constitué de pays dont les secteurs de haute technologie connaissent une expansion rapide et qui ont acquis une importance primordiale pour la performance économique et, en particulier, la croissance. Il fournit une base de comparaison de l'activité liée aux brevets avec des économies orientées vers l'innovation qui tentent de rattraper les pays plus riches du G-7.

Figure 5
Nombre de brevets par habitant, Canada et pays du G-7
(Nombre de brevets par 100 000 habitants)



L'appendice 1 renferme des données détaillées sur les brevets pour chaque pays. Les figures 5 et 6 font voir l'évolution temporelle du nombre de brevets par habitant au Canada par rapport à chacun des deux groupes de pays précités[7], tandis que la figure 7 fait de même pour ce qui est du ratio brevets/R-D, mais uniquement pour les pays du G-7[8]. Comme il ressort de ces figures, le Canada occupe une place respectable au milieu du peloton du G-7, tant pour ce qui est du nombre de brevets par habitant que du nombre de brevets par dollars de R-D : il vient après les États-Unis et le Japon, presque sur un pied d'égalité avec l'Allemagne (plus élevé pour ce qui est du ratio brevets/R-D) et avant la France, le Royaume-Uni et l'Italie. Au début des années 70, le Canada dépassait même le Japon, mais ce pays a

connu un véritable essor par la suite et se rapproche maintenant des États-Unis. À noter que 1983 a marqué un point tournant pour ***tous*** les grands pays (les États-Unis, le Japon, l'Allemagne et, dans une moindre mesure, le Canada); c'est là un fait intéressant en soi qui demeure inexpliqué.

Figure 6
Nombre de brevets par habitant, Canada et groupe de référence
(Nombre de brevets par 100 000 habitants)

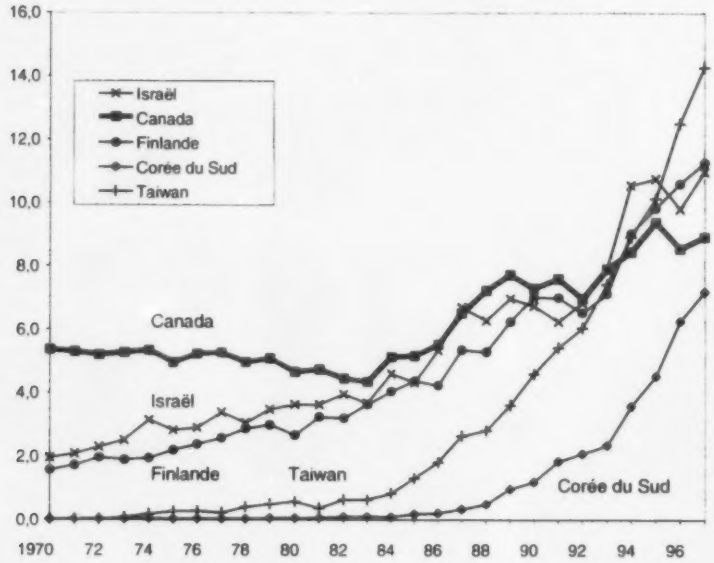
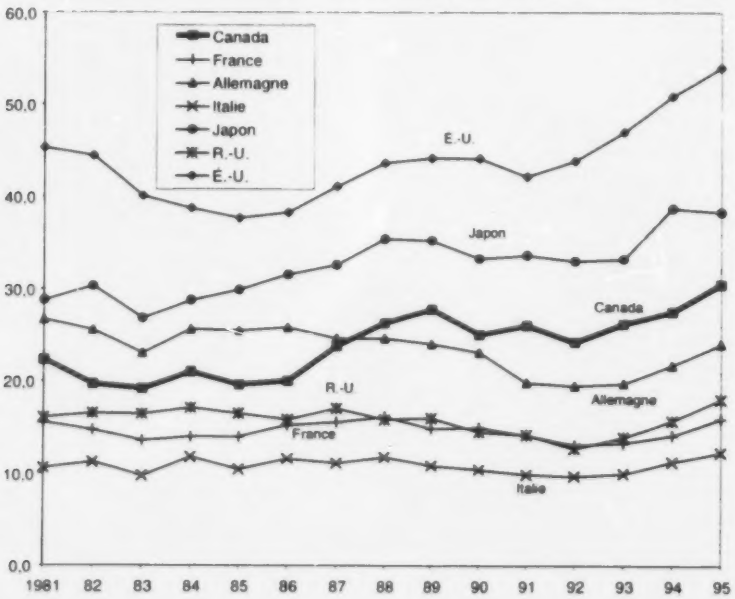


Figure 7
Brevets / R-D non liée à la défense dans les pays du G-7
(Nombre de brevets par 100 millions de dollars de R-D)



Il se dégage de la comparaison avec le groupe de référence un tableau très clair : le Canada était bien en avance sur les quatre pays de ce groupe tout au long des années 70 mais, au cours des années 80, Israël et la Finlande l'ont rattrapé et, au milieu des années 90, ils avaient dépassé le Canada. Taiwan a connu une ascension météorique depuis le début des années 80, passant en tête du peloton en 1997. La Corée du Sud progresse aussi très rapidement et dépassera probablement le Canada en l'an 2000. Il est donc clair que les pays du groupe de référence enregistrent des taux d'innovation beaucoup plus rapides que le Canada, traduisant dans la plupart des cas des politiques délibérées de soutien de la R-D industrielle et des secteurs de haute technologie.

Le tableau 1 résume les principales statistiques pour ces pays, y compris leur « taux de réussite » et le taux de croissance des demandes de brevets pour l'ensemble de la période (1968-1997) et les cinq dernières années. Le tableau est partagé. D'un côté, le Canada a enregistré un taux de croissance robuste du nombre de demandes de brevets, comparativement aux autres pays du G-7; au cours des 30 dernières années, il n'a été devancé que par le Japon et, ces cinq dernières années, il a enregistré le taux de croissance le plus élevé du G-7. De l'autre côté, il demeure dans le peloton pour ce qui est du nombre de brevets par habitant (comparativement, encore une fois, aux autres pays du G-7) et il occupe l'avant-dernier rang pour ce qui est du nombre absolu de brevets. Pour que le Canada améliore sa position à cet égard, il faudrait que le nombre de brevets accordés au Canada augmente à un taux sensiblement plus rapide qu'à l'heure actuelle. Le groupe de référence offre un bon point de repère : le taux de croissance de ces pays durant les cinq dernières années a été de deux à cinq fois plus rapide que celui du Canada.

Tableau 1
Canada, pays du G-7 et groupe de référence, statistiques de base sur les brevets, 1967-1997

Pays	Nombre de brevets par année		Nombre de brevets par habitant*		Taux de réussite		Taux de croissance annuel	
	1967-1997	*1992-1997*	*1967-1997*	*1992-1997*	*1967-1997*	*1992-1997*	*1967-1997*	*1992-1997*
Canada	1 552	2 560	6,2	8,6	56 %	55 %	3,6 %	6,4 %
Autres pays du G-7								
France	2 466	3 138	4,6	5,4	66 %	63 %	2,2 %	1,9 %
Allemagne	6 422	7 732	9,9	9,5	65 %	63 %	2,6 %	3,8 %
Italie	959	1 323	1,7	2,3	59 %	58 %	3,2 %	1,9 %
Japon	13 515	25 474	11,8	20,3	65 %	61 %	8,6 %	3,8 %
Royaume-Uni	2 603	2 814	4,5	4,8	55 %	51 %	0,2 %	5,4 %
États-Unis	47 153	67 478	19,8	25,6	62 %	59 %	1,7 %	5,2 %
Groupe de référence								
Finlande	223	490	4,7	9,6	57 %	58 %	9,1 %	12,0 %
Israël	232	564	5,2	10,0	54 %	56 %	10,0 %	12,9 %
Corée du Sud	472	2 159	1,1	4,8	61 %	62 %	34,3 %**	29,5 %
Taiwan	602	2 291	3,1	10,7	44 %	47 %	24,9 %**	19,7 %

* Nombre de brevets par 100 000 habitants.
** Pour la Corée du Sud et Taiwan, le taux de croissance moyen porte sur les vingt dernières années.

Le tableau 1 montre que le Canada accuse une faiblesse relative pour ce qui est de son « taux de réussite », c'est-à-dire le pourcentage des demandes qui débouchent sur l'octroi d'un brevet : il occupe l'avant-dernier rang au sein des pays du G-7 (seul le Royaume-Uni fait plus piètre figure) et vient derrière trois des quatre pays du groupe de référence (seul Taiwan a un taux de réussite inférieur) pour la période 1992-1997. Afin d'illustrer les conséquences de ces écarts, disons que si le Canada était en mesure de rejoindre la moyenne des pays du G-7 qui le devancent (61 p. 100) à partir du niveau actuel de 55 p. 100, il faudrait que le nombre de brevets accordés annuellement augmente d'environ 11 p. 100. Cela équivaudrait à une augmentation de la productivité du processus de R-D plutôt qu'à un relèvement du niveau général de ressources consacrées à l'activité inventive.

Il est important de signaler que, dans le contexte actuel, le nombre *absolu* de brevets a toujours une importance primordiale (comme c'est le cas du niveau absolu des dépenses de R-D, plutôt que du ratio R-D/PIB). Afin d'établir un secteur de haute technologie viable et autosuffisant, un pays doit atteindre une masse critique sur le plan des infrastructures pertinentes, du perfectionnement des compétences, de l'expérience en gestion, des installations d'essai, des canaux de commercialisation et de communication, des institutions financières, etc. De même, il est clair que les retombées ont aujourd'hui une importance considérable, en particulier les retombées ***régionales,*** pour soutenir la croissance du secteur de haute technologie. Encore une fois, la quantité de retombées produites et la capacité d'exploiter les retombées externes est fonction de la taille ***absolue*** plutôt que de la taille relative. Si nous prenons le nombre de brevets comme indicateur de la taille absolue du secteur innovateur, le Canada a encore beaucoup de chemin à faire, puisqu'il vient derrière tous les autres pays du G-7 sauf l'Italie et que, dès 1997, Taiwan et la Corée du Sud l'avaient déjà devancé à ce chapitre (voir l'appendice 1).

Figure 8a
R-D civile en pourcentage du PIB
dans les pays de l'OCDE, 1996

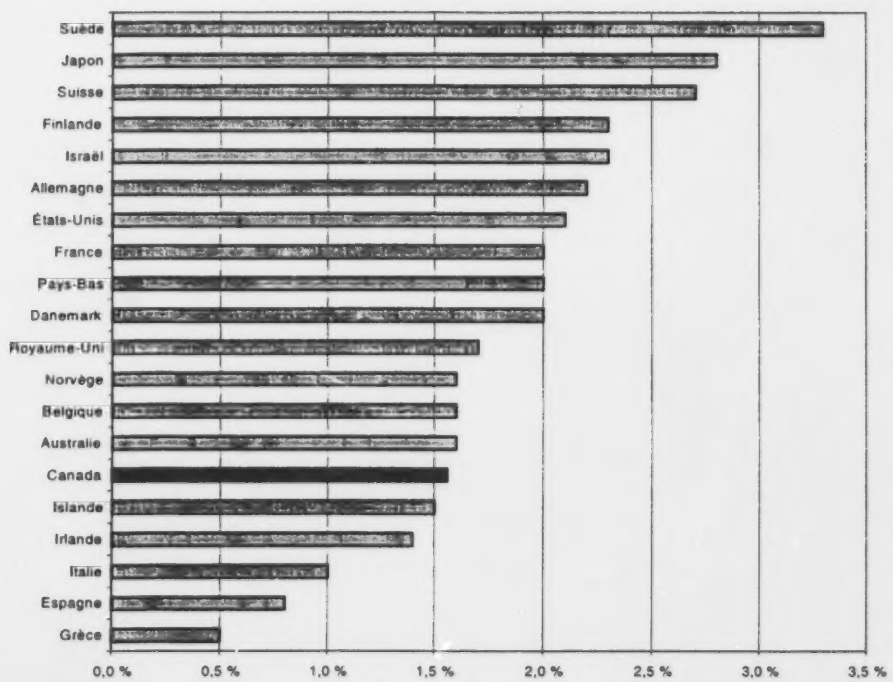
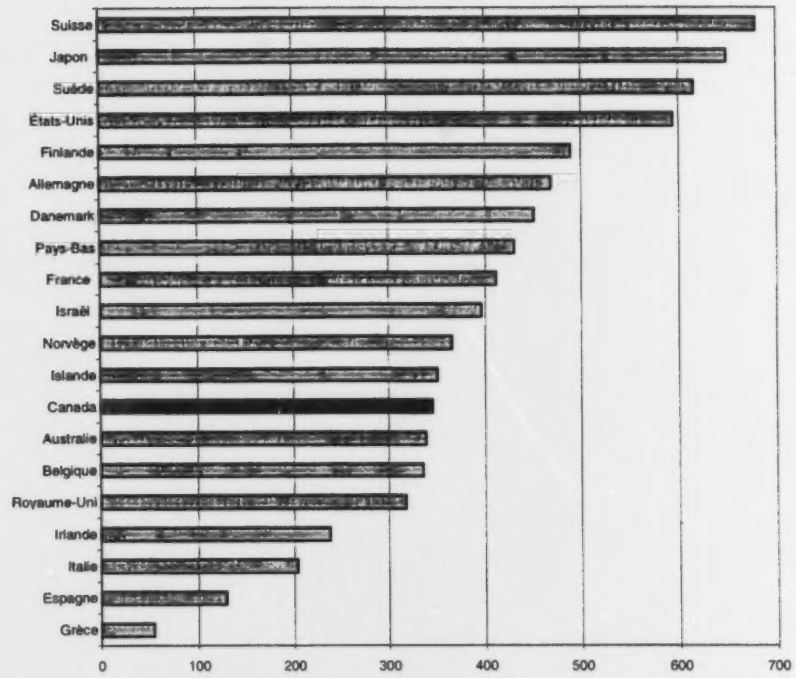


Figure 8b
R-D civile par habitant dans les pays de l'OCDE, en dollars de 1996 (parité des pouvoirs d'achat)



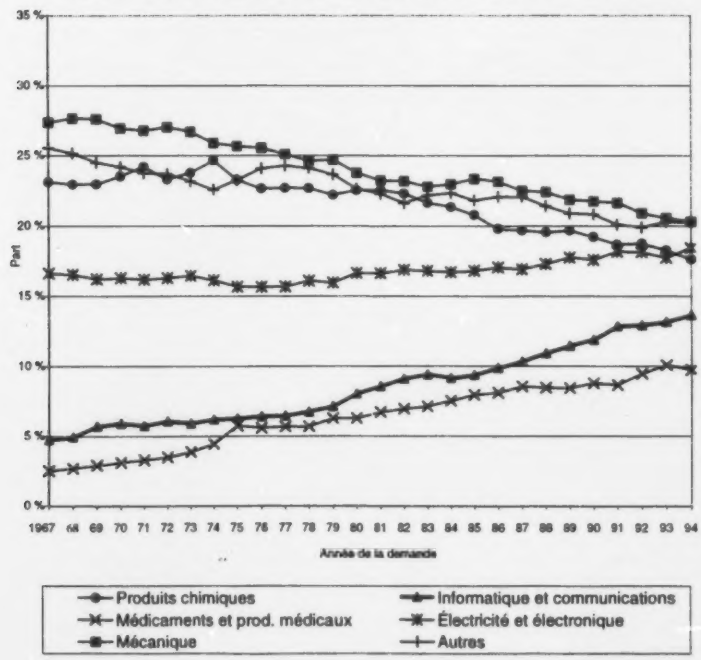
Il faut rappeler l'analyse du chapitre 3 qui montrait un rapport étroit entre les dépenses de R-D et le nombre de brevets obtenus au Canada. En comparant le Canada et les pays de l'OCDE pour ce qui est du ratio R-D/PIB et des dépenses de R-D par habitant (figures 8a et 8b), nous constatons que le Canada consacre un niveau relativement modeste de ses ressources à la R-D[9]. Ainsi, il est assez clair que la position relativement précaire du Canada sur le plan de la production innovatrice traduit, dans une large mesure, son faible engagement à l'égard de la R-D. En outre, la conséquence d'un ratio de R-D/PIB peu élevé est encore plus problématique pour le Canada, en considérant encore une fois que, dans ce domaine, la quantité ***absolue*** de ressources est ce qui importe et que l'économie canadienne est beaucoup plus petite que celle des principaux pays du G-7. En 1997, le PIB du Canada représentait 38 p. 100 de celui de la France, 25 p. 100 de celui de l'Allemagne, 12 p. 100 de celui du Japon et 8 p. 100 de celui des États-Unis. Ces pays consacrent entre 2,0 et 2,8 p. 100 de leur PIB à la R-D civile, contre 1,5 p. 100 au Canada.

5. LA COMPOSITION TECHNOLOGIQUE DES INNOVATIONS BREVETÉES AU CANADA

Le U.S. Patent and Trademark Office a élaboré au fil des années un système de classification très détaillé à l'aide duquel il répartit les brevets entre diverses catégories technologiques. Ce système renferme plus de 400 catégories principales et plus de 150 000 catégories secondaires de brevets. Les principales catégories de brevets ont traditionnellement été regroupées en quatre grands secteurs : produits chimiques, produits mécaniques, produits électriques et autres. Nous avons récemment mis au point une nouvelle grille de classification dans laquelle nous avons regroupé ces 400 catégories de brevets en 35 « sous-catégories technologiques », lesquelles ont à leur tour été agrégées en 6 secteurs : informatique et communications, produits électriques et électroniques, médicaments et produits médicaux, produits chimiques, produits mécaniques et, enfin, autres. Cette classification permet d'étudier en détail la composition technologique du flux d'innovations brevetées. En particulier, elle permet de comparer le portefeuille technologique de tout pays aux tendances mondiales, ce que nous avons l'intention de faire ici pour le Canada.

La figure 9 montre l'évolution de la répartition des brevets entre ces six grandes catégories technologiques pour l'ensemble des brevets américains, tandis que la figure 10 fait de même pour les brevets accordés à des inventeurs canadiens (l'appendice 2 renferme les distributions équivalentes pour les brevets accordés aux inventeurs américains et aux inventeurs autres qu'américains). La figure 9 traduit les grandes tendances mondiales dans les technologies de pointe. Le profil est assez net : pour la première décennie (1967-1978), il y a eu peu de changement — simplement un lent déclin des brevets mécaniques[10] et une augmentation correspondante de la part des médicaments et des produits médicaux. Les trois secteurs traditionnels (brevets mécaniques, chimiques et autres) figurent aux trois premiers rangs

Figure 9
Répartition des brevets par catégorie technologique, ensemble des brevets accordés aux États-Unis

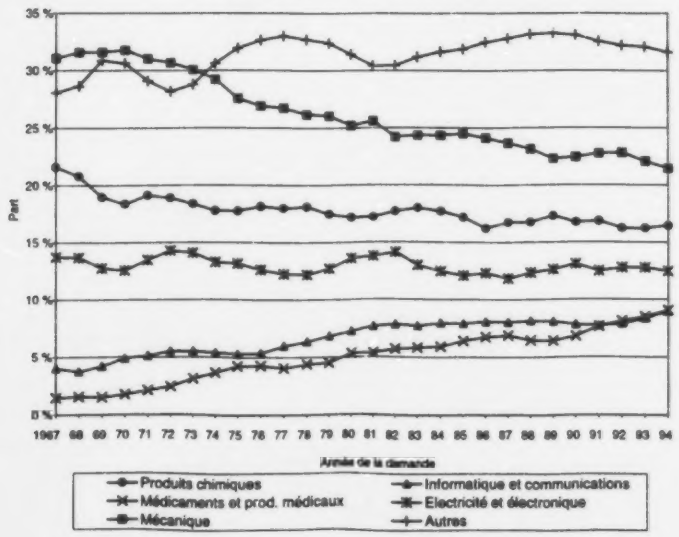


tout au long de cette période, avec une part d'environ 25 p. 100 chacun. Le secteur des médicaments et des produits médicaux et celui de l'informatique et des communications ne représentaient qu'une très modeste fraction à l'époque, soit 3 et 6 p. 100, respectivement.

À compter de 1979, la répartition jusque-là assez statique a changé radicalement : les trois secteurs traditionnels ont perdu du terrain, tandis que la catégorie de l'informatique et des communications a pris son essor et doublé sa part (de 7 p. 100 en 1979 à 14 p. 100 en 1994) et que le secteur des médicaments et des produits médicaux a progressé rapidement, sa part passant de 6 à 10 p. 100 (12 p. 100 aux États-Unis). Quant aux brevets de la catégorie des produits électriques et électroniques, leur part s'est accrue légèrement au cours de cette période, soit de 16 à 18 p. 100. Il est important de signaler que ces changements au niveau des parts sont d'autant plus significatifs qu'il y a eu une augmentation spectaculaire du ***nombre*** de brevets octroyés (à compter de 1983). À titre d'exemple, le nombre de brevets de la catégorie de l'informatique et des communications a ***triplé*** dans le monde entre 1979 et 1994, tandis que le nombre total de brevets n'a augmenté que de 54 p. 100.

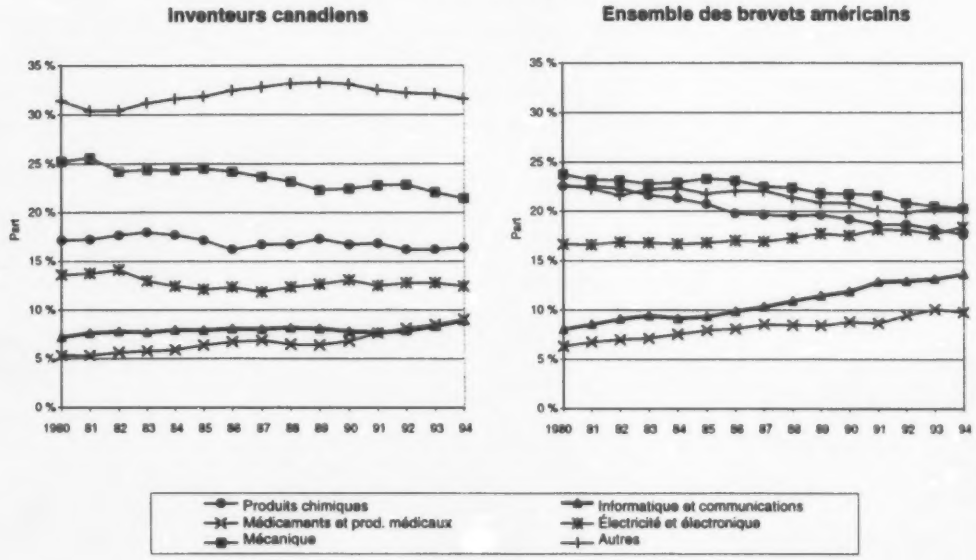
Il est clair que ces chiffres traduisent assez fidèlement le développement technologique fondamental des deux dernières décennies, à savoir l'avènement de l'informatique et des communications en tant que « technologie d'application générale » dominante de notre époque[11]. Quant au secteur des médicaments et des produits médicaux, il semble que sa progression soit déterminée par la demande, à la faveur de l'augmentation continue de la part du PIB consacrée aux soins de santé dans les pays industrialisés et, en particulier, aux États-Unis. En outre, les développements récents dans l'industrie de la biotechnologie pourraient en faire l'un des secteurs de technologies d'application générale dominants au cours du prochain siècle. Les technologies d'application générale jouent le rôle de « moteur de la croissance » et leur importance va au-delà de leur pondération sectorielle. À mesure qu'une technologie d'application générale s'améliore et se diffuse dans l'économie, elle permet des percées complémentaires dans les secteurs utilisateurs, entraînant des gains de productivité généralisés. Un secteur de technologie d'application générale innovateur (dans le cas présent, celui de l'informatique et des communications) constitue donc un facteur déterminant du potentiel de croissance des économies avancées.

Figure 10
Répartition des brevets par catégorie technologique, inventeurs canadiens



La figure 11 compare la composition technologique de l'ensemble des brevets américains à celle des brevets reçus par des inventeurs canadiens au cours de la période 1980-1994. Le tableau qui en ressort est assez inquiétant : essentiellement, le Canada semble « manquer le bateau » pour ce qui est de la technologie d'application générale qui prévaut, soit celle de l'informatique et des communications, en continuant plutôt à innover dans les secteurs traditionnels. Ainsi, la part des brevets canadiens qui entre dans cette catégorie n'a presque pas changé durant cette période (elle est passée de 7 à 9 p. 100), alors qu'elle a ***doublé*** pour l'ensemble des brevets (de la même base initiale de 7 p. 100 pour atteindre 14 p. 100). Il est également préoccupant de constater que la part des brevets électriques et électroniques, qui s'établissait à 18 p. 100 de l'ensemble des brevets en 1994 n'était que de 12 p. 100 pour les brevets canadiens. Cette catégorie englobe à la fois des secteurs parvenus à maturité et les nouvelles technologies axées sur les semiconducteurs, qui sont importantes en soi et qui soutiennent le secteur de l'informatique et des communications. Conjointement, le secteur de l'informatique et des communications et celui de l'électricité et de l'électronique accaparaient le tiers de tous les brevets en 1994, tandis qu'au Canada, ils n'en représentaient que 21 p. 100.

Figure 11
Répartition des brevets par catégorie technologique, 1980-1994



La contrepartie du désavantage du Canada dans le secteur de l'informatique et des communications et celui de l'électricité et de l'électronique est la part élevée détenue par deux des trois catégories traditionnelles de brevets : la catégorie « autres », qui représente près du tiers de tous les brevets canadiens (contre 20 p. 100 dans le monde) et, dans une moindre mesure, la catégorie des brevets mécaniques (la troisième catégorie, celle des produits chimiques, a en réalité une part moindre au Canada que dans le reste du monde). Afin d'examiner cet aspect plus en détail, nous avons présenté, au tableau 2, les 20 principales sous-catégories technologiques pour des brevets canadiens accordés au cours de la période 1991-1996, en comparant leur classement avec celui des brevets accordés à des inventeurs américains au cours de la même période[12]. Voici les différences les plus frappantes. Les inventeurs canadiens demandent relativement plus de brevets que les inventeurs américains dans les domaines suivants :

- transports (3^{e} rang au Canada, 8^{e} aux États-Unis);
- meubles et accessoires de maison (4^{e} rang au Canada, 14^{e} aux États-Unis);

- agriculture, élevage et aliments (5e rang au Canada, 15e aux États-Unis);
- terrassement et puits (9e rang au Canada, 18e aux États-Unis).

Les Canadiens obtiennent ***beaucoup moins de brevets*** que les Américains dans les domaines suivants :

- logiciels et matériel informatique (2e rang aux États-Unis, 15e au Canada);
- instruments chirurgicaux et médicaux (3e rang aux États-Unis, 13e au Canada);
- résines (6e rang aux États-Unis, 16e au Canada);
- systèmes de production d'énergie (7e rang aux États-Unis, 14e au Canada).

Tableau 2
Principales sous-catégories technologiques*
Canada et États-Unis, 1987-1996

Sous-catégorie technologique	Nombre de brevets canadiens	Classement au Canada	Classement aux États-Unis
Traitement et manutention de matériel	1 303	1	4
Communications	1 090	2	1
Transports	796	***3***	8
Meubles et accessoires de maison	745	***4***	14
Agriculture, élevage et aliments	719	***5***	15
Médicaments	596	6	5
Métaux ouvrés	566	7	11
Mesures et essais	548	8	9
Terrassement et puits	528	***9***	18
Réceptacles	525	10	12
Moteurs et pièces	498	11	13
Dispositifs électriques	483	12	10
Instruments médicaux et chirurgicaux	470	13	***3***
Systèmes de production d'énergie	466	14	***7***
Logiciels et matériel informatique	405	15	***2***
Résines	383	16	***6***
Purification ou séparation des liquides	337	17	26
Appareils de divertissement	336	18	21
Chauffage	328	19	27
Textiles et vêtements	307	20	25

* Exclut la sous-catégorie « divers » dans chaque catégorie technologique.

Ainsi, les différences observées dans la part du secteur de l'informatique et des communications sont attribuables non pas aux communications (dans cette sous-catégorie, les brevets canadiens se classent à peu près au même rang que les brevets américains), mais aux logiciels et au matériel informatique, où la disparité est très importante[13]. De même, l'écart (beaucoup plus restreint) observé dans le secteur des médicaments et des produits médicaux est attribuable aux instruments médicaux et non aux médicaments[14].

Pourquoi se préoccuper de la divergence dans la composition technologique des brevets canadiens?

On pourrait faire valoir que la composition technologique des brevets canadiens reflète une série de facteurs économiques ayant des racines profondes et que, par conséquent, l'écart observé avec les autres pays n'a pas nécessairement de conséquences normatives. Il pourrait bien en être ainsi et, de fait, les principales sous-catégories technologiques semblent avoir une certaine corrélation avec la notion d'avantage comparatif, la taille relative des secteurs, les besoins technologiques idiosyncrasiques, etc.

Le problème qui se pose est que le secteur de l'informatique et des communications [ou, de façon plus générale, les technologies de l'information (TI)], le secteur où les brevets canadiens accusent le plus grand retard en termes relatifs, n'est pas un domaine comme les autres mais, comme on l'a déjà dit, la technologie d'application générale (TAG) dominante de notre époque. Bien entendu, tous les pays n'ont pas à exceller dans la TAG qui prévaut afin d'en profiter. Les technologies de l'information se diffusent rapidement et deviennent une puissante force économique dans l'ensemble du monde industrialisé (à un degré moindre dans les pays moins développés) et non uniquement dans les pays innovateurs dans ce domaine. Cependant, pour qu'une économie puisse être en mesure de récolter les bénéfices et exploiter le plein potentiel d'une TAG en vue d'assurer sa croissance, elle a besoin d'innover dans ce domaine — non parce que les innovations ont un impact direct sur la croissance, mais parce qu'en innovant dans un domaine de TAG, un pays développe et renforce sa capacité d'exploiter cette TAG aux fins de sa propre croissance.

L'argument avancé ici fait écho à la notion de « capacité d'absorption » dans le contexte de la recherche fondamentale (voir Cohen et Levinthal, 1989). Cette notion a notamment été invoquée en cherchant à solutionner le casse-tête suivant : Pourquoi les entreprises à but lucratif font-elles de la recherche fondamentale étant donné qu'elles ne peuvent s'approprier la plus grande partie des rendements qui en découlent? La réponse est que pour être en mesure de profiter de la recherche fondamentale réalisée ailleurs (par exemple, en milieu universitaire), ces entreprises doivent participer elles-mêmes à de telles activités. Par conséquent, les scientifiques travaillant au projet PARC de Xerox servent, notamment, d'intermédiaires entre les percées scientifiques qui surviennent dans le monde et les besoins technologiques particuliers (ou les possibilités) au sein de la société Xerox. Le monde des TI évolue trop rapidement pour qu'une économie puisse adopter une position passive et tout de même en tirer des avantages. Seules les économies qui participent elles-mêmes à cette course peuvent espérer pouvoir suivre la cadence des percées réalisées par les meneurs.

Il est important de souligner que le problème réside, comme nous l'avons dit, dans la sous-catégorie des logiciels et du matériel informatique, et non dans celle des communications. Comme nous le verrons au chapitre 7, cette vision est renforcée lorsque nous examinons la « qualité » des brevets canadiens par rapport aux brevets américains : dans la sous-catégorie de l'informatique, on observe un sérieux écart entre la qualité des brevets canadiens et celle des brevets américains, tandis que dans la sous-catégorie des communications, l'écart est beaucoup plus restreint (voir la figure 13).

6. QUI POSSÈDE QUOI? APERÇU DE LA DISTRIBUTION DES CESSIONNAIRES DE BREVETS CANADIENS

En guise d'introduction, nous devons décrire les différents « acteurs » impliqués dans un brevet. Premièrement, il y a les inventeurs, c'est-à-dire les personnes qui sont directement responsables de l'innovation visée par le brevet. Deuxièmement, il y a le cessionnaire, c'est-à-dire l'entité juridique (société, organisme gouvernemental, université, etc.) qui détient les droits du brevet que l'inventeur lui a cédés. Cependant, il y a des inventeurs qui travaillent individuellement et qui, au moment de l'octroi du brevet, n'ont pas encore cédé leurs droits à une entité juridique, auquel cas le brevet est classé comme étant « non cédé »[15]. Pour la plupart des brevets, les inventeurs sont habituellement les employés d'une entreprise et l'entreprise est le cessionnaire des droits du brevet.

Selon les conventions du U.S. Patent and Trademark Office, la « nationalité » d'un brevet est déterminée en fonction de l'adresse (au moment de la demande) du ***premier inventeur***. Autrement dit, si un brevet a de nombreux inventeurs et qu'ils sont établis dans divers pays, l'endroit où réside le premier inventeur inscrit sur le brevet détermine le pays auquel ce brevet est réputé appartenir. De même, si le cessionnaire est établi dans un pays autre que celui du premier inventeur, c'est l'endroit où est établi ce dernier qui détermine la nationalité du brevet. Ainsi, le brevet présenté à la figure 2 est considéré comme un brevet canadien même si le second inventeur n'est pas canadien et si le cessionnaire est la société Rolls-Royce, de Grande-Bretagne[16].

Les données que nous avons présentées jusqu'à maintenant (par exemple, le nombre de brevets par pays) ont été compilées en respectant cette convention : les brevets canadiens sont ceux dont l'adresse du premier inventeur est située au Canada, peu importe l'identité et le lieu de résidence des cessionnaires ou des autres inventeurs; nous avons procédé de la même façon pour les autres pays. La question qui se pose est la suivante : Qui est le détenteur réel des droits sur ces inventions? En se rappelant que pour les brevets étiquetés comme étant « canadiens », ce sont réellement des scientifiques et des ingénieurs canadiens qui ont été responsables de l'« acte innovateur » qui a mené aux brevets[17, 18], la question devient : Quelle entité, commerciale ou autre, est en position de recueillir les avantages économiques de ces inventions?

Au plus haut niveau d'agrégation, il y a trois possibilités : i) il n'y a pas de cessionnaire (c'est-à-dire que l'inventeur conserve lui-même les droits sur le brevet) et, par conséquent, on ne sait pas clairement si et quand le brevet sera exploité commercialement; ii) le cessionnaire est aussi Canadien, c'est-à-dire que l'entité qui détient les droits du brevet est aussi établie au Canada; iii) le cessionnaire est étranger. La distinction en apparence claire entre les options ii) et iii) n'est pas aussi nette qu'il semble à première vue. Il y a des sociétés canadiennes qui possèdent des filiales ou qui sont liées d'une autre façon à des entreprises d'autres pays; elles pourraient choisir de céder leurs brevets (réalisés au Canada) à leurs filiales « étrangères » (en fait, nous devrions considérer ces dernières comme étant canadiennes). Il y a aussi des sociétés multinationales qui ont des filiales au Canada et dont certaines pourraient choisir de céder des brevets produits localement à leurs filiales canadiennes, même si la multinationale conserve le contrôle effectif sur les droits de propriété.

La distinction entre ces trois catégories — brevet non cédé, brevet canadien (« local ») et brevet étranger, nous renseigne donc sur la mesure dans laquelle un pays peut s'attendre à profiter de « ses » brevets. Les brevets non cédés peuvent, bien entendu, engendrer des applications commerciales réussies (ce qui est le cas de nombreux brevets), mais ces brevets comportent une incertitude plus élevée que ceux dont le cessionnaire est une entreprise qui, au départ, est titulaire des brevets octroyés à ses employés.

En outre, les sociétés sont mieux placées pour exploiter à l'interne les retombées de ces innovations. Ainsi, plus est élevé le pourcentage de brevets non cédés, plus faible est le potentiel économique du stock de brevets. La distinction entre cessionnaires étrangers et cessionnaires locaux pourrait, à première vue, nous informer sur la probabilité que l'*économie locale* soit la principale bénéficiaire des nouvelles connaissances visées par le brevet. On pourrait élaborer divers scénarios dans lesquels la propriété étrangère serait bénéfique, voire préférable, à la propriété locale des droits du brevet (par exemple, une multinationale étrangère offrant des canaux de commercialisation pour l'innovation qui seraient inaccessibles aux entreprises locales). Néanmoins, nous progressons rapidement dans de nombreux secteurs technologiques vers une situation où le principal élément d'actif est le contrôle effectif sur la propriété intellectuelle, et nous pouvons présumer que celui-ci est en corrélation avec la propriété des droits de brevet. Cependant, nous n'avons pas à prendre une position rigide à cet égard; il suffit de reconnaître que cette distinction est révélatrice et vraisemblablement importante pour comprendre la valeur éventuelle que représente, pour un pays, son stock de brevets.

Tableau 3
Répartition des brevets par catégorie de cessionnaire, comparaison internationale, 1976-1998

	Nombre de brevets				Pourcentage		
Pays	**Non cédé**	**Étranger**	**Local**	**Total**	**Non cédé**	**Étranger**	**Local***
Canada	15 756	8 614	21 175	45 545	**35 %**	**19 %**	**46 % (50 %)**
Autres pays du G-7							
France	6 567	8 883	49 500	64 950	10 %	14 %	76 % (75 %)
Allemagne	13 147	17 060	117 660	147 867	9 %	12 %	80 % (77 %)
Italie	3 957	3 904	19 293	27 154	15 %	14 %	71 % (72 %)
Japon	9 003	6 950	341 854	357 807	3 %	2 %	96 % (95 %)
Royaume-Uni	5 812	15 698	37 693	59 203	10 %	27 %	64 % n.d.
États-Unis	296 191	19 546	887 308	1 203 045	25 %	2 %	74 % (76 %)
Groupe de référence							
Israël	1 815	1 807	3 443	7 065	26 %	26 %	49 % (52 %)
Finlande	834	422	4 739	5 995	14 %	7 %	79 % (81 %)
Corée du Sud	1 154	531	10 666	12 351	9 %	4 %	86 % (92 %)
Taiwan	13 296	991	6 362	20 649	64 %	5 %	31 % (44 %)

* Valeurs entre parenthèses : pourcentage pour 1998.

Le tableau 3 montre la répartition des brevets entre les catégories « non cédé », « cessionnaire local » et « cessionnaire étranger » pour le Canada, les autres pays du G-7 et le groupe de référence[19]. Comme on peut le constater, le pourcentage de cessionnaires locaux au Canada est beaucoup plus faible que dans les autres pays du G-7, ce qui est principalement attribuable à la proportion élevée de brevets non cédés. Pour ce qui est du groupe de référence, la Finlande et la Corée du Sud ont une part beaucoup plus élevée de cessionnaires locaux que le Canada, Israël a une part légèrement plus élevée, tandis que la part de cessionnaires locaux à Taiwan est plus faible qu'au Canada. Incidemment, Taiwan a un pourcentage très faible de cessionnaires locaux (ce qui pourrait être attribuable à la proportion considérable de brevets non cédés — 64 p. 100), tandis que la Corée du Sud (devancée uniquement par le Japon) a une part très élevée de cessionnaires locaux. Ces différences sont clairement liées à l'organisation industrielle de chaque pays : Taiwan compte un très grand nombre de petites entreprises qui ont un taux de roulement extrêmement élevé, tandis que la Corée du Sud est dominée par des *chaebol* d'envergure considérable qui jouissent d'une grande stabilité (cet aspect mériterait un examen plus approfondi). Le contraste entre les dernières données disponibles (pour 1998) et celles de la période 1976-1998 révèle que les pays du G-7 sont assez stables, tandis que la part des cessionnaires locaux a augmenté dans les pays du groupe de référence, en particulier à Taiwan et en Corée du Sud.

Ce qui distingue le Canada des autres pays est que tant la part des brevets non cédés que la part des brevets cédés à des étrangers sont relativement élevées : le pourcentage de brevets non cédés au Canada est le deuxième plus élevé (après Taiwan), tandis que le pourcentage de brevets cédés à des étrangers est le troisième plus élevé (après le Royaume-Uni et Israël). Ainsi, on a raison de s'inquiéter de cette tendance puisque la moitié des inventions canadiennes pourraient ne pas profiter pleinement à l'économie canadienne, soit parce qu'elles ont été mises au point par des personnes qui ont de la difficulté à les commercialiser, soit parce qu'elles sont la propriété de cessionnaires étrangers.

7. L'« IMPORTANCE » RELATIVE DES BREVETS CANADIENS

Le simple dénombrement des brevets est une mesure très imparfaite de l'activité innovatrice, tout simplement parce que les brevets varient sensiblement quant à leur « importance » ou « valeur » technologique et économique et parce que la distribution de ces valeurs est extrêmement asymétrique. Des recherches récentes ont montré que les citations de brevets peuvent jouer le rôle de variable représentative de l'« importance » des brevets, tout comme elles peuvent constituer une façon de retracer leurs retombées (voir Trajtenberg, 1990; Jaffe, Henderson et Trajtenberg, 1998). Par citations, nous voulons dire les références à des brevets antérieurs qui figurent sur la première page de chaque brevet (voir les figures 1 et 2).

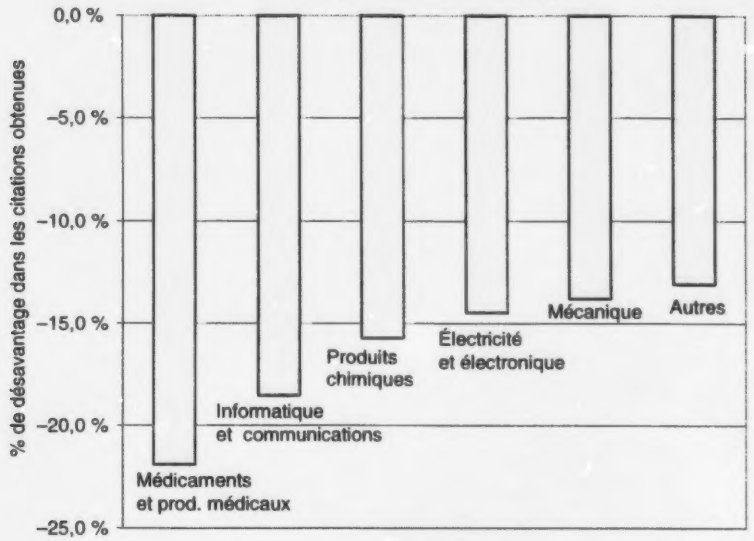
Les citations de brevets servent une fonction juridique importante parce qu'elles délimitent la portée des droits de propriété conférés par le brevet. Ainsi, si le brevet 2 cite le brevet 1, cela signifie que le brevet 1 représente un élément de la connaissance préalable sur laquelle s'est constitué le brevet 2 et sur laquelle le brevet 2 ne peut prétendre à un droit. Le demandeur a la responsabilité juridique de divulguer toute connaissance qu'il a des « antériorités » (état actuel de la technique), mais la décision relative aux brevets à citer revient à l'examinateur du brevet, censé être un spécialiste du domaine et, partant, capable d'identifier l'état de la technique pertinente qui pourrait avoir échappé au demandeur ou que ce dernier pourrait avoir dissimulé[20].

Nous utilisons les données sur les citations de brevets pour examiner la « qualité » des brevets canadiens par rapport aux brevets accordés à des inventeurs américains. Autrement dit, nous considérons la mesure dans laquelle les brevets canadiens sont plus ou moins fréquemment cités que les brevets américains, en neutralisant divers effets et en analysant la façon dont ces différences varient d'une catégorie technologique à l'autre. Ainsi, nous avons fait une régression du nombre de citations reçues par chaque brevet en fonction de variables de contrôle — des variables nominales pour les cinq catégories technologiques, pour l'année durant laquelle le brevet a été accordé (gyear) et pour les États-Unis. Le signe et l'importance du coefficient de cette dernière variable nous renseignent sur la mesure dans laquelle les brevets canadiens reçoivent plus ou moins de citations, en moyenne, que les brevets américains, en neutralisant l'effet de la composition technologique et de l'âge du brevet. Voici les résultats de la régression de référence[21] :

Nombre d'observations	= 95 473	R^2	= 0,1194
F(6, 95433)	= 387,46	R^2 rajusté	= 0,1190
Probabilité > F	= 0,0000	Racine carrée de l'erreur quadratique moyenne	= 5,0802

	Coefficient	Écart type	Test *t*
Constante	3,143	0,035	90,496
Variable nominale, États-Unis	0,614	0,033	18,403
Variables nominales des catégories technologiques			
Produits chimiques	0,217	0,049	4,467
Médicaments et produits médicaux	2,003	0,077	26,165
Informatique et communications	2,145	0,068	31,376
Mécanique	–0,258	0,045	–5,685
Électricité et électronique	0,296	0,053	5,605
gyear F(33,95433) = 337,883 (34 catégories)		0,000	

Figure 12
« Importance » relative des brevets canadiens et américains selon la catégorie technologique



Ainsi, les brevets américains sont « supérieurs » aux brevets canadiens par une marge d'environ 20 p. 100 (le coefficient de 0,614 pour les États-Unis divisé par le terme constant de 3,14). Le tableau 4 renferme les résultats de l'analyse pour chaque catégorie technologique, tandis que la figure 12 nous les présente sous forme graphique. Les colonnes représentent (en pourcentage) la mesure dans laquelle les brevets canadiens ont reçu des taux de citation inférieurs aux brevets américains. Par exemple, dans la catégorie des médicaments et des produits médicaux, le nombre moyen de citations reçues par les brevets canadiens était de 4,41 (voir le tableau 4), tandis que le nombre moyen de citations pour les brevets américains était de 4,4 + 1,2 = 5,6. Par conséquent, le « désavantage » des brevets canadiens était de 4,4/5,6 – 1 = –22 p. 100. Comme on peut le voir à la figure 12, le désavantage le plus sérieux des brevets canadiens par rapport aux brevets américains s'observe dans la catégorie des médicaments et des produits médicaux et dans celle de l'informatique et des communications; les catégories « mécanique » et « autres » sont celles qui affichaient les désavantages les moins grands. Encore une fois, il y a là matière à préoccupation : les deux premières catégories sont les deux secteurs technologiques qui dominent notre époque, tandis que les deux derniers sont des secteurs traditionnels en déclin.

Cependant, un examen plus attentif de la catégorie de l'informatique et des communications révèle une grande disparité entre les deux composantes (voir le tableau 4 et la figure 13) : dans les communications, le désavantage n'était que de –9,5 p. 100, tandis que dans la sous-catégorie de l'informatique, il était de –19 p. 100. Autrement dit, le Canada accuse un écart important au niveau de la « qualité » des brevets dans la sous-catégorie de l'informatique par rapport aux États-Unis, mais dans la sous-catégorie des communications, le désavantage est beaucoup plus restreint et, de fait, il est même inférieur à celui qui ressort des sous-catégories « mécanique » et « autres », les deux secteurs traditionnels qui accusent le désavantage le moins grand. C'est là une observation rassurante, si l'on se rappelle que le classement des brevets dans la sous-catégorie des communications (en termes absolus) est pratiquement aussi élevé au Canada qu'aux États-Unis. Autrement dit, les inventeurs canadiens obtiennent beaucoup de brevets dans la sous-catégorie des communications et ces brevets sont de « qualité » relativement élevée — toujours inférieure à celle des brevets américains dans ce domaine, mais par une marge restreinte.

Ainsi, le problème que nous avions identifié précédemment en ce qui a trait à la part relativement faible de brevets canadiens dans les secteurs de TAG dominants de notre époque, soit l'informatique et les communications, est avant tout un problème qui concerne l'informatique, mais non les communications.

De la même façon, un examen détaillé de la « qualité » des brevets dans la catégorie des médicaments et des produits médicaux révèle que le désavantage des brevets canadiens par rapport aux brevets américains se situe principalement dans la sous-catégorie des instruments médicaux (voir le tableau 4 et la figure 13). Dans la sous-catégorie des médicaments, l'écart avec les États-Unis est beaucoup plus restreint (–8,3 p. 100) et il n'est pas aussi significatif d'un point de vue statistique. Comme nous l'avons déjà mentionné, les inventeurs canadiens ont demandé un plus grand nombre de brevets dans la sous-catégorie des médicaments que dans celle des instruments médicaux (le contraire est vrai pour les inventeurs américains) et c'est là aussi une observation rassurante.

Tableau 4
Régressions par catégorie technologique

	Produits chimiques	Informatique et communications	Médicaments et produits médicaux	Électricité et électronique	Mécanique	Autres
Constante	3,44	4,75	4,41	3,45	3,02	3,23
	(55,2)	(37,6)	(26,3)	(55,1)	(79,5)	(93,3)
Variable nominale, É.-U.	0,64	1,08	1,24	0,58	0,48	0,49
	(7,7)	(6,5)	(5,6)	(7,1)	(8,9)	(9,6)
R^2	0,086	0,178	0,139	0,14	0,095	0,123
Nombre d'observations	18 511	7 020	5 372	14 105	23 353	27 090
Désavantage du Canada	–15,7 %	–18,5 %	–21,9 %	–14,5 %	–13,8 %	–13,1 %

Sous-catégories de la catégorie de l'informatique et des communications

	Informatique et communications	Informatique	Communications
Constante	4,75	5,16	4,71
	(37,6)	(19,1)	(35,3)
Variable nominale, É.-U.	1,08	1,2	0,49
	(6,5)	(3,7)	(2,6)
R^2	0,178	0,225	0,156
Nombre d'observations	7 020	2 767	4 253
Désavantage du Canada	–18,5 %	–18,9 %	–9,5 %

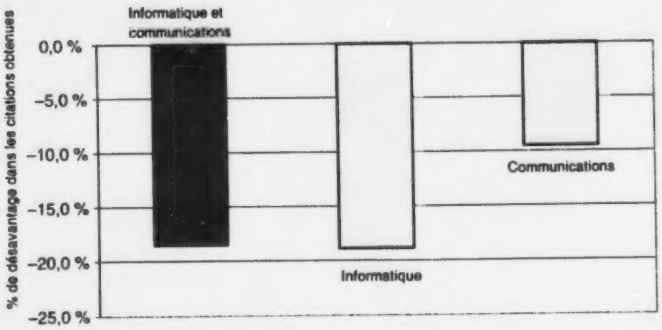
Sous-catégories au sein de la catégorie médicaments et produits médicaux

	Médicaments et produits médicaux*	Instruments médicaux	Médicaments	Biotechnologie
Constante	4,41	6,08	3,29	2,71
	(26,3)	(19,4)	(13,8)	(9,6)
Variable nominale, É.-U.	1,24	2,02	0,3	0,62
	(5,6)	(5,1)	(0,9)	(1,6)
R^2	0,139	0,218	0,082	0,246
Nombre d'observations	5 372	2 081	2 020	767
Désavantage du Canada	–21,9 %	–25,0 %	–8,3 %	–18,7 %

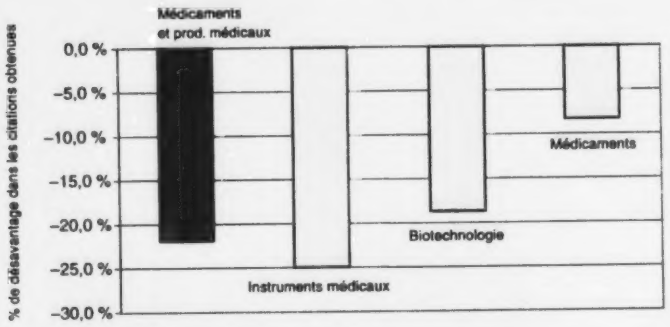
* Comprend, outre les trois sous-catégories présentées, une sous-catégorie « divers ».
Les résultats des tests *t* sont présentés entre parenthèses.

Figure 13
« Importance » relative des brevets canadiens et américains, sous-catégories choisies

Informatique et communications



Médicaments et produits médicaux



8. CONCLUSION ET CONSÉQUENCES SUR LE PLAN DES POLITIQUES

Avant de résumer, il est important de signaler encore une fois que l'analyse qui précède a été effectuée entièrement à l'aide de données qui figurent dans les brevets émis par le U.S. Patent and Trademark Office à des Canadiens et à des ressortissants d'autres pays. Manifestement, ces brevets ne nous renseignent pas sur toutes les innovations canadiennes (la même chose est vraie pour la comparaison entre pays) et, par conséquent, les résultats devraient être interprétés en gardant cette réserve à l'esprit. Cependant, il y a des raisons de penser que les brevets obtenus par des Canadiens aux États-Unis sont représentatifs des grandes tendances technologiques au Canada. Il en est ainsi en raison du grand nombre des brevets obtenus aux États-Unis par rapport aux demandes de brevets déposées au Canada même et en raison des données fragmentaires provenant d'autres sources qui corroborent certains des résultats (par exemple, la bonne tenue du Canada dans la sous-catégorie des communications).

L'analyse présentée dans cette étude aboutit, au mieux, à des conclusions partagées et révèle certaines faiblesses de la performance du Canada au chapitre de l'innovation :

1. Pour ce qui est des mesures relatives de la production innovatrice, par exemple le nombre de brevets par habitant et le ratio brevets/R-D, le Canada se situe au milieu du peloton du G-7, mais il a été devancé au cours des dernières années par un groupe de pays plus orientés vers les secteurs de haute technologie, à savoir la Finlande, Israël et Taiwan, tandis que la Corée du Sud referme rapidement l'écart.

2. Le Canada vient loin derrière les autres pays du G-7 (sauf l'Italie) pour ce qui est du niveau relatif de ressources consacrées à l'innovation, avec un ratio R-D/PIB de 1,5 p. 100, contre 2,0 à 2,8 p. 100 pour l'Allemagne, le Japon et les États-Unis.

3. En raison de l'importance des éléments d'indivisibilité et de la masse critique dans ce domaine, ce qui compte en définitive c'est le niveau absolu de R-D et le nombre de brevets obtenus. Ainsi, la performance de moyenne à faible qui ressort des mesures relatives signifie une très piètre tenue en termes absolus qui pourrait avoir de sérieuses conséquences sur le plan économique.

4. Les brevets obtenus par des Canadiens ont une corrélation élevée avec les dépenses de R-D décalées au Canada et les tendances mondiales de l'activité liée aux brevets. Cette dernière variable est exogène mais la quantité de ressources consacrées à la R-D ne l'est pas. Ainsi, une modification de la politique actuelle en faveur des dépenses de R-D pourrait stimuler la production d'innovations à un horizon de deux à trois ans.

5. Le « taux de réussite » des demandes de brevets de la part de Canadiens aux États-Unis est faible relativement aux autres pays du G-7 et au groupe de référence. Les raisons qui expliqueraient cet écart ne ressortent pas clairement — sélectivité insuffisante, mauvaise « qualité » générale des demandes, difficultés au niveau de la procédure, etc. Il serait utile d'examiner cet aspect plus en détail étant donné qu'une augmentation du taux de réussite pourrait stimuler la productivité dans le processus d'innovation.

6. La composition technologique des brevets canadiens se démarque de celle du reste du monde : au Canada, deux des trois domaines traditionnels (« mécanique » et « autres ») accaparent toujours la part du lion des brevets, tandis que les domaines de l'informatique et

des communications et celui de l'électricité et de l'électronique arrivent bien en deçà de la norme mondiale.

7. Un examen attentif révèle que le problème se situe dans la sous-catégorie de l'informatique (logiciels et matériel), et non dans celle des communications. Cela est vrai aussi de la « qualité » des brevets canadiens dans ces domaines par rapport aux brevets américains.

8. Le retard de l'innovation canadienne dans la sous-catégorie de l'informatique pourrait avoir des conséquences sérieuses sur la performance globale de l'économie étant donné que la catégorie de l'informatique et des communications représente le secteur de « technologie d'application générale » dominant de notre époque.

9. Les données sur la propriété des brevets canadiens ont aussi de quoi inquiéter : moins de la moitié des brevets canadiens sont entre les mains de cessionnaires canadiens, 35 p. 100 n'ont fait l'objet d'aucune cession (le deuxième pourcentage le plus élevé parmi les pays du G-7), tandis que 19 p. 100 sont la propriété de cessionnaires étrangers. Par conséquent, il est possible que la moitié des inventions canadiennes ne profitent pas pleinement à l'économie canadienne, soit parce qu'elles ont été mises au point par des personnes qui pourraient avoir de la difficulté à les commercialiser soit parce qu'elles sont la propriété de cessionnaires étrangers.

10. Il y a un écart significatif d'environ 20 p. 100 au niveau de la « qualité » ou de l'« importance » des brevets canadiens par rapport aux brevets accordés à des inventeurs américains, tel que mesuré par le nombre de citations obtenues. Le désavantage le plus marqué ressort de la catégorie des médicaments et des produits médicaux (–22 p. 100) et de celle de l'informatique et des communications (–19 p. 100), tandis que dans deux domaines traditionnels les brevets canadiens affichent le désavantage le moins marqué. Un examen plus attentif révèle que l'écart sur le plan de la qualité réside d'abord et avant tout dans la sous-catégorie de l'informatique et non dans celle des communications, ainsi que dans celle des instruments médicaux mais non dans celle des médicaments.

Il y a de toute évidence place à une amélioration pour ce qui est tant du taux que de l'orientation de l'activité innovatrice au Canada. Selon la plupart des indicateurs, le Canada possède le capital humain et l'infrastructure nécessaires pour profiter des technologies de pointe et innover avec succès dans ces domaines. Quant à savoir s'il pourra le faire dans l'avenir, cela dépend beaucoup des décisions qui seront prises en ce qui a trait à la répartition des ressources (les dépenses consacrées à la R-D) et des facteurs institutionnels qui influent sur l'innovation et l'entrepreneuriat. Ces deux aspects sont, jusqu'à un certain point, à la portée des responsables de la politique économique.

NOTES

1 Cependant, ce pourcentage a diminué ces dernières années : il était de 62 p. 100 en 1978 mais avait fléchi à 49 p. 100 en 1992.

2 Rebecca Henderson du MIT a aussi participé aux premières étapes de ce projet, tandis que Bronwyn Hall des universités Berkeley et Oxford y a participé depuis quelques années.

3 Avec la collaboration de Michael Fogarty et de son équipe de l'Université Case Western.

4 Il y a une variance importante entre les industries pour ce qui est du recours aux brevets de préférence au secret commercial; voir Levin et coll., 1987.

5 Bien entendu, il y a d'autres indicateurs tels que le nombre de scientifiques et d'ingénieurs affectés à la R-D, la R-D du secteur commercial, etc. Nous avons choisi la R-D réelle non liée à la défense principalement pour des motifs de disponibilité des données et de cohérence entre pays.

6 Nos avons expérimenté avec divers retards pour la R-D (il faut se rappeler que nous travaillons avec des données sur la R-D non liée à la défense au Canada) et les meilleurs résultats ont été obtenus avec un décalage de deux ans. Cependant, les résultats obtenus avec un décalage de trois ans sont très similaires.

7 Nous avons choisi de normaliser le nombre de brevets en fonction de la population tout simplement parce que cette statistique est largement disponible et exacte, ce qui nous fournit un facteur d'échelle cohérent.

8 Les données sur la R-D pour les pays du groupe de référence sont incomplètes et peu fiables.

9 D'autres indicateurs tels que le nombre de chercheurs par travailleur (47/10 000 au Canada) fournissent des preuves supplémentaires de cet effet.

10 Il y a aussi un léger déclin des brevets accordés à des inventeurs autres qu'américains pour des produits chimiques; voir l'appendice 2.

11 Voir Bresnahan et Trajtenberg (1995) et Helpman et Trajtenberg (1998) pour une analyse de la notion de « technologie d'application générale » et de ses conséquences pour la croissance.

12 Le tableau exclut la sous-catégorie « divers » de chacune des grandes catégories (il y a une sous-catégorie « divers » dans les catégories de l'informatique et des communications, des produits chimiques, de la mécanique, etc.).

13 De fait, le nombre de brevets canadiens dans la sous-catégorie des communications était 2,6 fois plus élevé que le nombre de brevets dans la sous-catégorie de l'informatique (2 156 et 816, respectivement), tandis que pour les inventeurs américains, le ratio n'était que de 1,3.

14 Les inventeurs canadiens ont demandé plus de brevets dans la sous-catégorie des médicaments que dans celle des instruments médicaux (942 contre 781 avec, en outre, 371 demandes de brevets en biotechnologie), tandis que c'est l'opposé qui est vrai pour les inventeurs américains.

15 Dans un petit nombre de cas, le brevet est « cédé » à une personne, c'est-à-dire que l'inventeur lui-même peut figurer comme étant l'entité juridique qui possède les droits du brevet.

16 Clairement, cette convention n'a aucune conséquence autre que pour la compilation des statistiques sur l'activité internationale liée aux brevets.

17 À tout le moins en partie, étant donné que les brevets classés comme étant « canadiens » peuvent englober des brevets d'inventeurs établis dans d'autres pays.

18 Voici la raison pour laquelle nous devons soupeser les mots que nous employons ici : supposons qu'un scientifique canadien se rende au MIT, à Cambridge (Mass.) durant un congé sabbatique et qu'il y réalise un projet dans un laboratoire de l'université qui débouche sur une invention brevetée (il y a plusieurs cas semblables dans les données). Un tel brevet serait classé comme étant canadien, mais le cessionnaire serait le MIT. L'invention est attribuable non seulement aux idées et aux efforts du scientifique canadien, mais aussi aux installations, au matériel, etc. de l'institution qui l'a accueilli. Le résultat final est indéniablement une fonction de ces deux éléments.

19 Ces chiffres ne proviennent pas de la même base de données : 1) au tableau 3, le nombre de brevets cédés à un pays englobe tous les brevets pour lesquels ***l'un ou l'autre*** des inventeurs réside dans ce pays; 2) la période visée au tableau 3 est celle comprise entre 1976 et 1998 pour les brevets octroyés, plutôt que la période 1968-1997 pour les demandes de brevets, comme dans les autres tableaux. Ces divergences sont attribuables aux limitations que comporte le moteur de recherche du site Internet du U.S. Patent and Trademark Office.

20 En raison du rôle de l'examinateur et de la signification juridique des citations de brevets, on peut penser que les citations de brevets risquent moins d'être contaminées par d'autres motifs, dans la décision relative à ce qui doit être cité, que les autres données bibliographiques telles que les citations que l'on retrouve dans la documentation scientifique. En outre, les données bibliométriques ont une valeur limitée pour ce qui est de déterminer l'impact *économique* des résultats scientifiques parce qu'elles ne sont pas liées aux agents ou aux décisions économiques.

21 Les données de ces régressions portent sur tous les brevets canadiens et sur un échantillon de 1/50 des brevets accordés à des inventeurs américains.

BIBLIOGRAPHIE

Bresnahan, T. et M. Trajtenberg, « General Purpose Technologies — Engines of Growth? » , *Journal of Econometrics*, vol. 65, n° 1, janvier 1995, p. 83-108.

Cohen, W. et D. A. Levinthal, « Innovation and Learning: The Two Faces of R&D », *Economic Journal*, vol. 99, n° 397, septembre 1989, p. 569-596.

Helpman, E. et M. Trajtenberg, « A Time to Sow and a Time to Reap: Growth Based on General Purpose Technologies », paru dans *General Purpose Technologies and Economic Growth*, publié sous la direction de E. Helpman, MIT Press, Cambridge (Mass.), 1998, p. 55-83.

Jaffe, A., R. Henderson et M. Trajtenberg, « Geographic Localization of Knowledge Spillovers as Evidenced by Patent Citations », *Quarterly Journal of Economics*, août 1993, p. 577-598.

Jaffe, A., R. Henderson et M. Trajtenberg, « University versus Corporate Patents: A Window on the Basicness of Invention », *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 5, n° 1, 1997, p. 19-50.

Jaffe, A., R. Henderson et M. Trajtenberg, « Universities as a Source of Commercial Technology: A Detailed Analysis of University Patenting 1965-1988 », *Review of Economics and Statistics*, vol. LXXX, n° 1, février 1998, p. 119-127.

Levin, R., A. Klevorick, R. R. Nelson et S. G. Winter, « Appropriating the Returns from Industrial Research and Development », *Brookings Papers on Economic Activity*, vol. 3, 1987, p. 783-820.

National Science Foundation, *Science and Technology Data Book*, NSF, Washington (D.C.), 1998.

Rafiquzzaman, M. et L. Whewell, *La hausse récente des demandes de brevets et la performance des principaux pays industrialisés sur le plan de l'innovation — Tendances et explications*, Document de travail n° 27, Industrie Canada, 1998.

Trajtenberg, M., « A Penny for Your Quotes: Patent Citations and the Value of Innovations », *The Rand Journal of Economics*, vol. 21, n° 1, printemps 1990, p. 172-187.

Trefler, D., « Canada's Lagging Productivity », *Institut canadien des recherches avancées*, document n° ECWP-125, 1999.

U.S. Patent and Trademark Office, site Internet : http://www.uspto.gov/.

APPENDICE 1

Brevets octroyés selon l'année du dépôt de la demande, 1968-1997

Pays	1968-1972	1973-1977	1978-1982	1983-1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Canada	1 106	1 180	1 147	1 345	1 876	2 029	1 938	2 052	1 984	2 274	2 472	2 781	2 564	2 709
France	1 929	2 164	2 199	2 397	2 940	2 925	3 051	2 980	2 926	2 926	3 062	3 449	3 035	3 220
Allemagne	4 874	5 745	6 167	6 660	7 621	7 759	7 504	6 920	6 966	6 775	7 431	8 180	7 869	8 403
Italie	660	718	819	971	1 267	1 232	1 283	1 250	1 267	1 184	1 268	1 415	1 356	1 393
Japon	4 062	6 385	9 359	13 979	19 866	21 650	22 104	22 811	22 714	22 066	25 352	26 659	25 906	27 386
Royaume-Uni	2 764	2 709	2 357	2 429	2 704	2 811	2 594	2 341	2 265	2 474	2 819	3 086	2 743	2 946
États-Unis	45 150	41 894	38 222	37 990	46 968	50 190	53 266	53 790	56 690	59 264	65 384	74 610	64 947	73 182
Finlande	70	103	143	212	262	310	350	352	329	361	460	503	544	580
Israël	58	102	137	211	281	318	325	316	355	422	578	605	566	650
Corée du Sud	4	9	20	74	205	409	510	795	906	1 026	1 587	2 029	2 851	3 302
Taiwan	1	33	87	279	557	725	932	1 116	1 260	1 567	1 908	2 197	2 688	3 097

Notes de l'appendice 1
Sources des données sur le dénombrement annuel des brevets par pays

La difficulté que pose l'obtention de chiffres précis sur le nombre de brevets accordés selon ***l'année du dépôt de la demande*** découle du décalage qui se produit entre le dépôt de la demande et l'octroi du brevet, lequel cause une rupture dans les chiffres pour les années récentes. Autrement dit, nous avons des données complètes pour les brevets, par année d'octroi, jusqu'en 1998, mais non en fonction de l'année du dépôt de la demande. Cependant, on peut estimer ces chiffres à l'aide du pourcentage de demandes « acceptées » précédemment (étant donné que nous avons le nombre de demandes totales pour les années récentes) et d'autres données. En particulier, les chiffres présentés à l'appendice 1 (et utilisés dans l'étude) ont été compilés et/ou estimés comme suit :

- Jusqu'à 1989, ils proviennent de notre fichier de données.
- Pour 1990-1994, ils sont tirés du dernier rapport TAF-USPTO, tel que publié. Ces chiffres sont fondés sur le nombre de brevets accordés jusqu'à la fin de 1998, mais puisque plus de 99 p. 100 des brevets sont examinés avant la quatrième année qui suit le dépôt de la demande, ces chiffres peuvent être considérés comme étant essentiellement complets.
- Pour 1995 (les demandes de brevets présentées en 1995 et les brevets accordés jusqu'en 1998) / (ratio des brevets de 1995 dont l'examen avait été complété en 1998 = 0,98).
- Pour 1996, la moyenne des deux estimations suivantes : *i*) (les demandes de brevets présentées en 1996 et les brevets accordés jusqu'en 1998) / (ratio des brevets de 1996 dont l'examen avait été complété en 1998 = 0,84); *ii*) (le nombre total de demandes en 1996)*(« ratio de réussite national » : le pourcentage du nombre de demandes de brevets en 1994 et 1995 qui ont été éventuellement acceptées, sur le nombre total de demandes au cours de ces années).
- Pour 1997 : (le nombre de demandes de brevets déposées en 1997)*(ratio de réussite national estimé pour 1996). Ce dernier chiffre a été calculé en fonction du nombre estimatif de brevets accordés en 1996, divisé par le nombre total de demandes déposées en 1996.

APPENDICE 2

Dépenses de R-D *non liées à la défense* dans les pays du G-7
(en milliards de dollars constants de 1992)

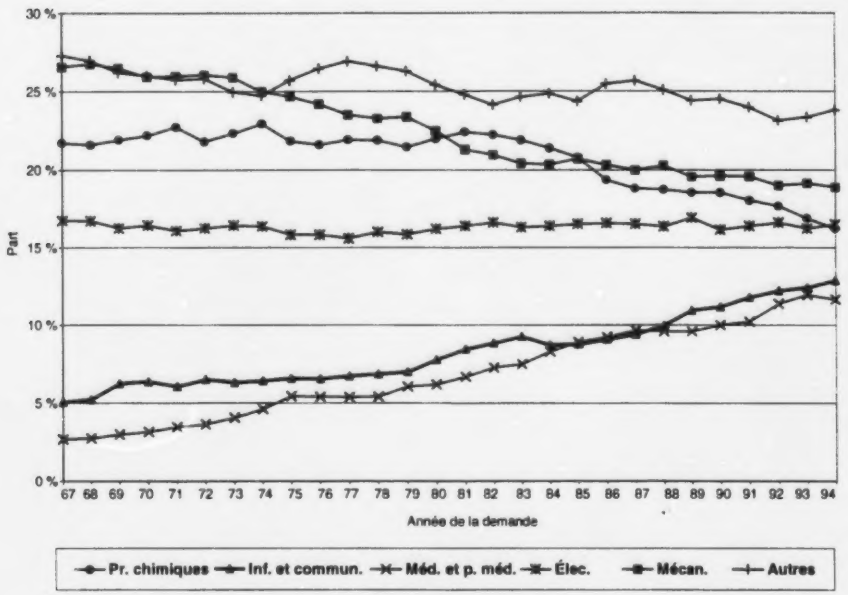
Pays	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Canada	5,15	5,56	5,61	6,11	6,62	6,99	7,02	7,14	7,31	7,75	7,90	8,21	8,68	9,00	9,13
France	13,38	14,46	15,24	16,14	16,87	16,97	17,51	18,32	19,70	20,48	21,15	22,42	22,03	21,73	21,72
Allemagne	22,95	23,69	24,05	24,70	27,07	27,96	29,92	31,03	32,37	32,58	35,04	35,84	34,45	34,35	34,22
Italie	6,77	7,06	7,45	8,01	9,09	9,44	10,31	10,80	11,38	12,38	12,74	13,13	11,90	11,30	11,54
Japon	34,83	37,38	40,31	43,25	48,00	48,76	52,07	56,20	61,55	66,58	67,94	68,91	66,55	65,63	69,74
Royaume-Uni	13,66	13,39	13,12	13,84	14,56	15,65	16,18	17,13	17,61	17,97	16,57	17,83	17,80	17,99	17,17
États-Unis	81,41	82,55	86,25	93,88	100,36	101,90	103,34	107,79	113,79	120,92	127,83	129,36	126,28	128,58	138,35

Notes de l'appendice 2

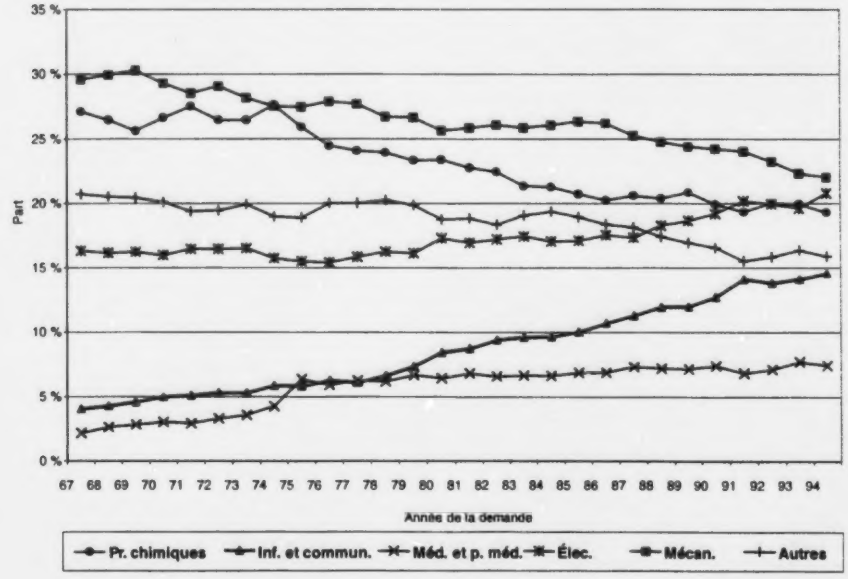
Données tirées du site de la NSF, « National Patterns of R&D Resources: 1998 Data Update » (table b8.xls).
Pour le Canada, les chiffres de 1992 et de 1994 ont été calculés à partir de la R-D totale au Canada cette année-là multipliée par le ratio moyen de la R-D non liée à la défense à la R-D totale, pour l'année antérieure et l'année subséquente.
Pour le Royaume-Uni, les chiffres de 1982 et de 1984 correspondent à la moyenne de la R-D non liée à la défense de l'année antérieure et de l'année suivante.
Pour la France, les chiffres de 1995 sont basés sur le ratio des dépenses de R-D non liée à la défense aux dépenses totales de R-D de l'année précédente.

APPENDICE 3

Appendice 3a
Répartition des brevets selon la catégorie technologique, inventeurs américains



Appendice 3b
Répartition des brevets selon la catégorie technologique, inventeurs autres qu'américains



PUBLICATIONS DE RECHERCHE D'INDUSTRIE CANADA

COLLECTION DOCUMENTS DE TRAVAIL

N° 1 **L'intégration économique de l'Amérique du Nord : les tendances de l'investissement étranger direct et les 1 000 entreprises les plus grandes**, personnel de la Direction de l'analyse de la politique micro-économique, notamment John Knubley, Marc Legault et P. Someshwar Rao, Industrie Canada, 1994.

N° 2 **Les multinationales canadiennes : analyse de leurs activités et résultats**, personnel de la Direction de l'analyse de la politique micro-économique, notamment P. Someshwar Rao, Marc Legault et Ashfaq Ahmad, Industrie Canada, 1994.

N° 3 **Débordements transfrontaliers de R-D entre les industries du Canada et des États-Unis**, Jeffrey I. Bernstein, Université Carleton et National Bureau of Economic Research, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1994.

N° 4 **L'impact économique des activités de fusion et d'acquisition sur les entreprises**, Gilles Mcdougall, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1995.

N° 5 **La transition de l'université au monde du travail : analyse du cheminement de diplômés récents**, Ross Finnie, École d'administration publique, Université Carleton et Statistique Canada, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 6 **La mesure du coût d'observation lié aux dépenses fiscales : les stimulants à la recherche-développement**, Sally Gunz et Alan Macnaughton, Université de Waterloo, et Karen Wensley, Ernst & Young, Toronto, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1996.

N° 7 **Les structures de régie, la prise de décision et le rendement des entreprises en Amérique du Nord**, P. Someshwar Rao et Clifton R. Lee-Sing, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1996.

N° 8 **L'investissement étranger direct et l'intégration économique de la zone APEC**, Ashfaq Ahmad, P. Someshwar Rao et Colleen Barnes, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1996.

N° 9 **Les stratégies de mandat mondial des filiales canadiennes**, Julian Birkinshaw, Institute of International Business, Stockholm School of Economics, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1996.

N° 10 **R-D et croissance de la productivité dans le secteur manufacturier et l'industrie du matériel de communications au Canada**, Jeffrey I. Bernstein, Université Carleton et National Bureau of Economic Research, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1996.

N° 11 **Évolution à long terme de la convergence régionale au Canada**, Serge Coulombe, Département de sciences économiques, Université d'Ottawa, et Frank C. Lee, Industrie Canada, 1996.

N° 12 **Les répercussions de la technologie et des importations sur l'emploi et les salaires au Canada**, Frank C. Lee, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1996.

N° 13 **La formation d'alliances stratégiques dans les industries canadiennes : une analyse microéconomique**, Sunder Magun, Applied International Economics, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1996.

N° 14 **Performance de l'emploi dans l'économie du savoir**, Surendra Gera, Industrie Canada, et Philippe Massé, Développement des ressources humaines Canada, 1996.

N° 15 **L'économie du savoir et l'évolution de la production industrielle**, Surendra Gera, Industrie Canada, et Kurt Mang, ministère des Finances, 1997.

N° 16 **Stratégies commerciales des PME et des grandes entreprises au Canada**, Gilles Mcdougall et David Swimmer, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1997.

N° 17 **Incidence sur l'économie mondiale des réformes en matière d'investissement étranger et de commerce mises en œuvre en Chine**, Winnie Lam, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1997.

N° 18 **Les disparités régionales au Canada : diagnostic, tendances et leçons pour la politique économique**, Serge Coulombe, Département de sciences économiques, Université d'Ottawa, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1997.

N° 19 **Retombées de la R-D entre industries et en provenance des États-Unis, production industrielle et croissance de la productivité au Canada**, Jeffrey I. Bernstein, Université Carleton et National Bureau of Economic Research, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 20 **Technologie de l'information et croissance de la productivité du travail : analyse empirique de la situation au Canada et aux États-Unis**, Surendra Gera, Wulong Gu et Frank C. Lee, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1998.

N° 21 **Progrès technique incorporé au capital et ralentissement de la croissance de la productivité au Canada**, Surendra Gera, Wulong Gu et Frank C. Lee, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1998.

N° 23 **La restructuration de l'industrie canadienne : analyse micro-économique**, Sunder Magun, Applied International Economics, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 24 **Les politiques du gouvernement canadien à l'égard de l'investissement étranger direct au Canada**, Steven Globerman, Université Simon Fraser et Université Western Washington, et Daniel Shapiro, Université Simon Fraser, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 25 **Une évaluation structuraliste des politiques technologiques – Pertinence du modèle schumpétérien**, Richard G. Lipsey et Kenneth Carlaw, Université Simon Fraser, avec la collaboration de Davit D. Akman, chercheur associé, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 26 **Commerce intrasociété des entreprises transnationales étrangères au Canada**, Richard A. Cameron, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1998.

N° 27 **La hausse récente des demandes de brevets et la performance des principaux pays industrialisés sur le plan de l'innovation – Tendances et explications**, Mohammed Rafiquzzaman et Lori Whewell, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1998.

N° 28 **Technologie et demande de compétences : une analyse au niveau de l'industrie**, Surendra Gera et Wulong Gu, Industrie Canada, et Zhengxi Lin, Statistique Canada, 1999.

N° 29 **L'écart de productivité entre les entreprises canadiennes et américaines**, Frank C. Lee et Jianmin Tang, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1999.

N° 30 **Investissement étranger direct et croissance de la productivité : l'expérience du Canada comme pays d'accueil**, Surendra Gera, Wulong Gu et Frank C. Lee, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1999.

COLLECTION DOCUMENTS DE DISCUSSION

N° 1 **Les multinationales comme agents du changement : définition d'une nouvelle politique canadienne en matière d'investissement étranger direct**, Lorraine Eden, Université Carleton, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1994.

N° 2 **Le changement technologique et les institutions économiques internationales**, Sylvia Ostry, Centre for International Studies, Université de Toronto, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 3 **La régie des sociétés au Canada et les choix sur le plan des politiques**, Ronald J. Daniels, Faculté de droit, Université de Toronto, et Randall Morck, Faculté d'administration des affaires, Université de l'Alberta, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1996.

N° 4 **L'investissement étranger direct et les politiques d'encadrement du marché : réduire les frictions dans les politiques axées sur la concurrence et la propriété intellectuelle au sein de l'APEC**, Ronald Hirshhorn, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1996.

N° 5 **La recherche d'Industrie Canada sur l'investissement étranger : enseignements et incidence sur les politiques**, Ronald Hirshhorn, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1997.

N° 6 **Rivalité sur les marchés internationaux et nouveaux enjeux pour l'Organisation mondiale du commerce**, Edward M. Graham, Institute for International Economics, Washington (D.C.), dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 7 **Conséquences des restrictions à la propriété étrangère pour l'économie canadienne – Une analyse sectorielle,** Steven Globerman, Université Western Washington, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1999.

N° 8 **Les déterminants de la croissance de la productivité canadienne : enjeux et perspectives**, Richard G. Harris, Université Simon Fraser et Institut canadien des recherches avancées, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1999.

N° 9 **Le Canada manque-t-il le « bateau technologique »? Examen des données sur les brevets,** Manuel Trajtenberg, Université de Tel-Aviv, National Bureau of Economic Research et Institut canadien des recherches avancées, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 2000.

COLLECTION DOCUMENTS HORS SÉRIE

N° 1 **Obstacles officiels et officieux à l'investissement dans les pays du G-7 : analyse par pays**, personnel de la dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, notamment Ashfaq Ahmad, Colleen Barnes, John Knubley, Rosemary D. MacDonald et Christopher Wilkie, Industrie Canada, 1994.

Obstacles officiels et officieux à l'investissement dans les pays du G-7 : résumé et conclusions, personnel de la Direction de l'analyse de la politique micro-économique, notamment Ashfaq Ahmad, Colleen Barnes et John Knubley, Industrie Canada, 1994.

N° 2 **Les initiatives d'expansion commerciale dans les filiales de multinationales au Canada**, Julian Birkinshaw, Université Western Ontario, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 3 **Le rôle des consortiums de R-D dans le développement de la technologie**, Vinod Kumar, Research Centre for Technology Management, Université Carleton, et Sunder Magun, Centre de droit et de politique commerciale, Université d'Ottawa et Université Carleton, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 4 **Écarts hommes/femmes dans les programmes universitaires**, Sid Gilbert, Université de Guelph, et Alan Pomfret, King's College, Université Western Ontario, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 5 **La compétitivité : notions et mesures**, Donald G. McFetridge, Département d'économique, Université Carleton, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 6 **Aspects institutionnels des stimulants fiscaux à la R-D : le crédit d'impôt à la RS&DE**, G. Bruce Doern, École d'administration publique, Université Carleton, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 7 **La politique de concurrence en tant que dimension de la politique économique : une analyse comparative**, Robert D. Anderson et S. Dev Khosla, Direction de l'économique et des affaires internationales, Bureau de la politique de concurrence, Industrie Canada, 1995.

N° 8 **Mécanismes et pratiques d'évaluation des répercussions sociales et culturelles des sciences et de la technologie**, Liora Salter, Osgoode Hall Law School, Université de Toronto, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 9 **Sciences et technologie : perspectives sur les politiques publiques**, Donald G. McFetridge, Département d'économique, Université Carleton, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 10 **Innovation endogène et croissance : conséquences du point de vue canadien**, Pierre Fortin, Université du Québec à Montréal et Institut canadien des recherches avancées, et Elhanan Helpman, Université de Tel-Aviv et Institut canadien des recherches avancées, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 11 **Les rapports université-industrie en sciences et technologie**, Jérôme Doutriaux, Université d'Ottawa, et Margaret Barker, Meg Barker Consulting, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 12 **Technologie et économie : examen de certaines relations critiques**, Michael Gibbons, Université de Sussex, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1995.

N° 13 **Le perfectionnement des compétences des cadres au Canada**, Keith Newton, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1995.

N° 14 **Le facteur humain dans le rendement des entreprises : stratégies de gestion axées sur la productivité et la compétitivité dans l'économie du savoir**, Keith Newton, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1996.

N° 15 **Les charges sociales et l'emploi : un examen de la documentation**, Joni Baran, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1996.

N° 16 **Le développement durable : concepts, mesures et déficiences des marchés et des politiques au niveau de l'économie ouverte, de l'industrie et de l'entreprise**, Philippe Crabbé, Institut de recherche sur l'environnement et l'économie, Université d'Ottawa, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1997.

N° 17 **La mesure du développement durable : étude des pratiques en vigueur**, Peter Hardi et Stephan Barg, avec la collaboration de Tony Hodge et Laszlo Pinter, Institut international du développement durable, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1997.

N° 18 **Réduction des obstacles réglementaires au commerce : leçons à tirer de l'expérience européenne pour le Canada**, Ramesh Chaitoo et Michael Hart, Centre de droit et de politique commerciale, Université Carleton, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1997.

N° 19 **Analyse des mécanismes de règlement des différends commerciaux internationaux et conséquences pour l'Accord canadien sur le commerce intérieur**, E. Wayne Clendenning et Robert J. Clendenning, E. Wayne Clendenning & Associates Inc., dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1997.

N° 20 **Les entreprises autochtones : caractéristiques et stratégies de croissance**, David Caldwell et Pamela Hunt, Centre de conseils en gestion, dans le cadre d'un contrat avec Entreprise autochtone Canada, Industrie Canada, 1998.

N° 21 **La recherche universitaire et la commercialisation de la propriété intellectuelle au Canada**, Wulong Gu et Lori Whewell, Direction de l'analyse de la politique micro-économique, Industrie Canada, 1999.

COLLECTION LE CANADA AU 21e SIÈCLE

N° 1 **Tendances mondiales : 1980-2015 et au delà**, J. Bradford DeLong, Université de la Californie, Berkeley, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 2 **Libéralisation étendue axée sur les aspects fondamentaux : un cadre pour la politique commerciale canadienne**, Randy Wigle, Université Wilfrid Laurier, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 3 **L'intégration économique de l'Amérique du Nord : les 25 dernières années et les 25 prochaines années**, Gary C. Hufbauer et Jeffrey J. Schott, Institute for International Economics, Washington (D.C.), dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 4 **Les tendances démographiques au Canada, 1996-2006 : les répercussions sur les secteurs public et privé**, David K. Foot, Richard A. Loreto et Thomas W. McCormack, Madison Avenue Demographics Group, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 5 **Investissement : les défis à relever au Canada**, Ronald P.M. Giammarino, Université de la Colombie-Britannique, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 6 **Visualiser le 21e siècle – Investissements en infrastructure pour la croissance économique, le bien-être et le mieux-être des Canadiens**, Christian DeBresson, Université du Québec à Montréal, et Stéphanie Barker, Université de Montréal, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 7 **Les conséquences du changement technologique pour les politiques de main-d'œuvre**, Julian R. Betts, Université de la Californie à San Diego, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 8 **L'économie et l'environnement : l'expérience récente du Canada et les perspectives d'avenir**, Brian R. Copeland, Université de la Colombie-Britannique, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 9 **Réactions individuelles à l'évolution du marché du travail au Canada**, Paul Beaudry et David A. Green, Université de la Colombie-Britannique, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 10 **La réaction des entreprises – L'innovation à l'ère de l'information**, Randall Morck, Université de l'Alberta, et Bernard Yeung, Université du Michigan, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

N° 11 **Institutions et croissance – Les politiques-cadres en tant qu'instrument de compétitivité**, Ronald J. Daniels, Université de Toronto, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1998.

COLLECTION PERSPECTIVES SUR LE LIBRE-ÉCHANGE NORD-AMÉRICAIN

N° 1 **La fabrication dans les pays de petite taille peut-elle survivre à la libéralisation du commerce? L'expérience de l'Accord de libre-échange Canada-États-Unis**, Keith Head et John Ries, Université de la Colombie-Britannique, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1999.

N° 2 **Modélisation des liens entre le commerce et l'investissement étranger direct au Canada**, Walid Hejazi et A. Edward Safarian, Université de Toronto, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1999.

N° 3 **Libéralisation des échanges et migration de travailleurs qualifiés**, Steven Globerman, Université Western Washington et Université Simon Fraser, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1999.

N° 4 **Évolution du profil sectoriel et professionnel du commerce international du Canada**, Peter Dungan et Steve Murphy, Institute for Policy Analysis, Université de Toronto, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1999.

N° 5 **Incidence de l'Accord de libre-échange entre le Canada et les États-Unis sur le commerce interprovincial**, John F. Helliwell, Université de la Colombie-Britannique, Frank C. Lee, Industrie Canada, et Hans Messinger, Statistique Canada, 1999.

N° 6 **L'essentiel sur l'accord de libre-échange Canada-États-Unis,** Daniel Trefler, Université de Toronto, dans le cadre d'un contrat avec Industrie Canada, 1999.

PUBLICATIONS CONJOINTES

Capital Budgeting in the Public Sector, en collaboration avec le John Deutsch Institute, sous la direction de Jack Mintz et Ross S. Preston, 1994.

Infrastructure and Competitiveness, en collaboration avec le John Deutsch Institute, sous la direction de Jack Mintz et Ross S. Preston, 1994.

Getting the Green Light: Environmental Regulation and Investment in Canada, en collaboration avec l'Institut C.D. Howe, sous la direction de Jamie Benidickson, G. Bruce Doern et Nancy Olewiler, 1994.

Pour obtenir des exemplaires de l'un des documents publiés dans le cadre du Programme des publications de recherche d'Industrie Canada, veuillez communiquer avec le :

Responsable des publications
Analyse de la politique micro-économique
Industrie Canada
5e étage, tour Ouest
235, rue Queen
Ottawa (Ontario) K1A 0H5

Tél. : (613) 952-5704; téléc. : (613) 991-1261; courriel : mepa.apme@ic.gc.ca